



RAPPORT LNR 5508-2007

# Vurdering av vannkjemiske og biologiske tiltak i Modalsvassdraget

En pilotstudie



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 2218 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**NIVA Midt-Norge**

Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
| <b>Tittel</b><br>Vurdering av vannkjemiske og biologiske tiltak i Modalsvassdraget.<br>En pilotstudie                     | <b>Løpenr. (for bestilling)</b><br>5508-2007         | <b>Dato</b><br>28. november 2007 |
|   | <b>Prosjektnr. Undernr.</b><br>O-26367               | <b>Sider Pris</b><br>38          |
| <b>Forfatter(e)</b><br>Vilhelm Bjerknes (NIVA)<br>Sven Erik Gabrielsen (LFI-Unifob)<br>Godtfred A. Halvorsen (LFI-Unifob) | <b>Fagområde</b><br>Forsuring og vassdragsregulering | <b>Distribusjon</b>              |
|   | <b>Geografisk område</b><br>Modalen i Hordaland      | <b>Trykket</b><br>NIVA           |

|  |   |
|--|---|
| <b>Oppdragsgiver(e)</b><br>Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernvedelंगा | <b>Oppdragsreferanse</b><br>Kjell Hegna |
|--|---|

**Sammenndrag**

Modalselva og sideelva Budalselva er undersøkt med tanke på vannkjemiske tiltak. Modalseva er ionefattig og forsuringfølsom, og har vært kraftig påvirket av sur nedbør. Vassdragsregulering har bidratt i negativ retning. Laksen ble borte fra elva tidlig på 1970-tallet. I de siste årene er det på ny registrert laksunger i lave antall i vassdraget. Det er påvist til dels store aluminiumspåslag på gjeller av smolt om våren. Bunndyrundersøkelser bekrefter en sur og ustabil vannkvalitet. For å oppnå en vellykket reetablering av laks i vassdraget foreslås fullkalking av lakseførende strekning fra en doserer plassert nær Steinsland kraftverk. Tiltaket kan evt. kombineres med terrengkalking av nedbørfeltet til Budalselva for å redusere utlekking av aluminium. I tillegg foreslås silikatdosering under smoltutgangen for å forebygge aluminiumspåslag under utvandring i Mofjorden og Osterfjorden. Oppbyggingen av en ny laksebestand bør styres med kjent utsetningsmateriale, evt. rognplanting.

|  |  |
|--|--|
| <b>Fire norske emneord</b><br>1. Forsuring<br>2. Vassdragsregulering<br>3. Laks<br>4. Kjemisk vannbehandling | <b>Fire engelske emneord</b><br>1. Acidification<br>2. Water impoundment and regulation<br>3. Atlantic salmon<br>4. Water chemical treatment |
|--|--|

*Vilhelm Bjerknes*

Prosjektleder  
Vilhelm Bjerknes

*Trond Rosten*

Forskningsleder  
Trond Rosten

*Jarl Nygard*

Fag- og markedsdirektør  
Jarle Nygard

Forsuring og vassdragsregulering

**Vurdering av vannkjemiske og biologiske tiltak i  
Modalsvassdraget**

En pilotstudie

## Forord

Oppdraget er gitt av Fylkesmannen i Hordaland og utført i samarbeid mellom NIVA (vannkjemi) og LFI-Unifob (fisk og bunndyr). Vilhelm Bjerknes, NIVA har vært prosjektleder, og har stått for den vannkjemiske utredningen i prosjektet. Sven Erik Gabrielsen ved LFI-Unifob har vært ansvarlig for det fiskefaglige arbeidet, mens Godtfred Anker Halvorsen ved LFI-Unifob har stått for bunndyrundersøkelsene. Vi takker Kjell Langeland, Modalen kommune og Jan Norvald Ekse og Magnar Oppedal, BKK for velvillig bistand med prøvetaking og forsendelser av vannprøver. Takk til Fylkesmannen i Hordaland for et interessant oppdrag.

Bergen i oktober 2007



*Vilhelm Bjerknes*

# Innhold

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Sammendrag</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1. Innledning</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2. Forsuringsutviklingen i Modalsvassdraget</b>  | <b>9</b>  |
| 2.1 Metodikk  | 9         |
| 2.2 Resultater  | 10        |
| 2.2.1 Prøvestasjonen ovenfor Farestveit   | 10        |
| 2.2.2 Noen eldre vannkjemiske data  | 13        |
| 2.2.3 Undersøkelser for å vurdere vannkjemiske tiltak   | 13        |
| <b>3. Fiskeundersøkelser</b>  | <b>17</b> |
| 3.1 Materiale og metode   | 17        |
| 3.1.1 Elektrisk fiske   | 17        |
| 3.1.2 Bonitering  | 17        |
| 3.2 Resultater  | 18        |
| 3.2.1 Undersøkelser av ungfiskbestanden   | 18        |
| Tettheter av aure   | 18        |
| Tettheter av laks   | 19        |
| Ungfiskens vekstmønster   | 19        |
| 3.3 Fysisk beskrivelse av undersøkt område (bonitering)   | 20        |
| 3.3.1 Generell vurdering  | 20        |
| 3.4 Ungfiskproduksjon i Budalselva og i hovedløpet til Modalselva   | 23        |
| 3.4.1 Produksjonspotensialet av smolt i Budalselva og Modalselva  | 24        |
| 3.5 Undersøkelser av aluminium på gjellene til ungfisk i Modalselva                                       | 25        |
| <b>4. Bunndyrundersøkelser</b>  | <b>27</b> |
| 4.1 Materiale og metode   | 27        |
| 4.2 Resultat og diskusjon   | 27        |
| <b>5. Samlet konklusjon og forslag til tiltak</b>   | <b>28</b> |
| 5.1 Konklusjon  | 28        |
| 5.2 Vannkjemiske tiltak   | 29        |
| 5.3 Styrt rekruttering av laks  | 31        |
| <b>6. Referanser</b>  | <b>32</b> |
| <b>Vedlegg A. Bunndyr funnet i roteprøver i Budalselva og Modalselva i 2006 og 2007.</b>                  | <b>35</b> |
| <b>Vedlegg B. Bunndyr funnet i rotepøvene i Modalselva vinter og vår 2005 (fra Kroglund m. fl., 2007)</b> | <b>36</b> |
| <b>Vedlegg C. Vannkjemisk</b>   | <b>37</b> |

---

## Sammendrag

Denne rapporten bygger på undersøkelser av vannkjemi, fisk og bunndyr utført i Modalsvassdraget i tidsrommet 2006-07. I tillegg har vi benyttet eldre data fra vassdraget.

Undersøkelsen som presenteres her inkluderer tilstanden i sideelva Budalselva, og det er vurdert hvilke effekter kalking av denne sidegrenen kan tenkes å få for produksjon av laks og sjøaure både i Budalselva og i Modalselva.

Modalselva har en ionefattig og forsuringsfølsom vannkvalitet. Imidlertid har konsentrasjonen av forsurende komponenter avtatt i perioden 1980-2006, og vannkvaliteten er blitt gradvis bedre. Laksen forsvant fra vassdraget i begynnelsen av 1970-tallet på grunn av forsurening, men i de siste årene har det på ny vært registrert laksunger. Dette har ført til økende interesse for å reetablere en laksebestand i Modalselva. Rapporten foreslår en styrt nyrekruttering av laks i vassdraget, der vannkjemiske tiltak vil være et viktig element.

Det ble kun registrert 3 laksunger ved elfiske i Budalselva, mens det til sammenlikning ble fanget 59 ungfisk av aure. Tettheten av laks i Budalselva er lavere enn i Modalselva, og laksungene kan ha vandret opp fra Modalselva. I Modalselva nedstrøms Hellandsfossen er gjennomsnittstettheten av aure de siste 4 årene på 25-30 individer/100 m<sup>2</sup>, og temmelig likt det som ble registrert i Budalselva. Tetthetene av laks i Modalselva er lave, og har ligget på 1-6 individer/100 m<sup>2</sup>.

Produksjonspotensialet for smolt i Budalselva basert på tilgjengelig oppvekstareal anslås å ligge i området 500-1500 smolt, mens potentialet i Modalselva anslås til 18.000-53.000 smolt. Anslagene forutsetter at vannkvaliteten optimaliseres mht. laksens miljøkrav. Tallene gir gode indikasjoner på hvor man bør sette inn eventuelle vannkjemiske tiltak.

Registrering av aluminiumspåslag på fiskegjeller fra Modalselva i årene 1997, 2003 og 2005 viser variasjoner fra år til år. Så sent som i 2005 ble det konstatert verdier på smolt om våren i området 500-1300 µg/g tørrvekt (sjøsalteffekt). Så høye verdier anses som meget skadelige for laksesmolt.

Bunndyrundersøkelsene bekrefter at bunndyrsamfunnene både i Budalselva og Modalselva er påvirket av forsurening, men at vannkvaliteten ikke er letal hele året. Få forsuringsfølsomme arter og individer i prøvene bekrefter imidlertid den suboptimale vannkvaliteten som er påvist gjennom vannkjemiske analyser.

Vassdraget er kraftig regulert. Reguleringsinngrepene innebærer bl.a. overføring av delfelt med god vannkvalitet (Holskardvatnet) til Evanger, mens vassdraget er blitt tilført delfelt med surt, ionefattig vann (Skjerjevatn). Dette betyr at vassdraget aldri vil oppnå sin opprinnelige vannkvalitet, noe som forsterker begrunnelsen for vannkjemiske tiltak.

I tillegg til høyt innhold av labilt aluminium er vannkvaliteten, både i Modalselva og særlig i sideelva Budalselva, ekstremt kalkfattig. Kalking av Budalselva er vurdert som et ensidig tiltak, og som et tiltak for forbedring av vannkvaliteten i Modalselva nedstrøms samløpet. De begrensede vannmengdene i Budalselva bidrar minimalt til forbedring av vannkvaliteten i Modalselva. Terrengekalking i nedbørfeltet til Budalselva bør imidlertid vurderes som et tiltak for å begrense utlekking av labilt aluminium.

Vi har konkludert med å foreslå en fullkalking av Modalselva fra en doserer plassert i nærheten av Steinsland kraftverk oppstrøms lakseførende strekning. I tillegg anbefales silikatdosering begrenset til perioden for smoltutvandring i mai måned for å binde estuarint aluminium under utvandring i fjorden, og dermed forebygge gjellepåslag. Tiltaket vil også kunne ha positiv effekt for laks under utvandring fra andre elver i Osterfjordsystemet.

# 1. Innledning

NIVA og LFI-Unifob har i fellesskap, etter oppdrag fra Fylkesmannen i Hordaland, påtatt seg å vurdere behovet for vannkjemiske tiltak i vassdraget. Fylkesmannen har satt opp følgende rammer for prosjektet.

- Beskrive forsuringsutviklingen i vassdraget over tid
- Anslå vassdragsreguleringens effekt på vannkvaliteten i anadrom strekning
- Vurdere kost og nytte av vannkjemisk behandling (kalking) av Budalselva

Behovet for kalking skulle bli vurdert på bakgrunn av vannkjemiske analyser, samt undersøkelser av fisk og bunndyr.

Modalselva i Modalen kommune i Hordaland har en ionefattig og forsuringsfølsom vannkvalitet med lav naturlig tålegrense for forsurening. Konsentrasjonen av kalsium er mindre enn 0,5 mg/L, og konsentrasjonen av organisk karbon (TOC) er under 1 mg/L. Elva hadde tidligere bestander av både laks og sjørret, men laksen har vært fraværende fra tidlig på 1970-tallet (Lien *et al* 1996). I forbindelse med fiskebiologisk overvåking er det på ny påvist laksunger i vassdraget i de siste årene.

Modalselva var en del av SFTs Statlig program for forurensingsovervåking fra 1980 og fram til utgangen av 2003. NIVA fortsatte overvåkingen et par måneder i 2004. Prøvetakingen ble gjenopptatt i 2006, finansiert av Fylkesmannen i Hordaland.

LFI-Unifob har drevet undersøkelser av ungfisk på faste stasjoner i Modalselva siden 1993. I perioden 1993-1997 ble det ikke påvist ungfisk av laks på stasjonsnettet i Modalselva. Dette har endret seg og de fire siste årene har det årlig vært påvist laks på stasjonene. Innslaget av laks har vært økende og i 2005 ble det registrert laks på samtlige stasjoner (5 stk.) nedstrøms Hellandsfossen. Denne begynnende rekoloniseringen av laks er det viktig å ta med i vurderingen rundt kalking av Budalselva.

For å vurdere effektene av en eventuell kalking presenteres her et materiale av gjelleprøver fra Modalselva innsamlet over flere år. LFI og NIVA har et pågående samarbeidsprosjekt for å vurdere aluminium på gjellene og fysiologisk status hos smolt i forhold til vannkvalitet i mer enn 20 norske lakseelver. Resultatene fra Modalselva vil derfor bli vurdert i forhold til resultatene fra en rekke andre norske vassdrag. Dette vil gi viktig informasjon om behov og forventet effekt av kalking på vannkvalitet og produksjon av laks.

Vurderingen av produksjonspotensialet for laks og sjøaure i Budalselva er basert på befarings med dykking for å vurdere tilgangen på gyteområder og kvaliteten på oppvekstområder for laks og aure. Videre er informasjon om vannførings- og temperaturregimet og vanddekt areal lagt til grunn. Resultatene blir sammenliknet med tilsvarende forhold og kjent produksjon av smolt i andre norske vassdrag hvor det benyttes smoltfelle.

I denne undersøkelsen er det også tatt roteprøver av bunndyr på 2 lokaliteter i Budalselva nedstrøms kraftverket, 1 lokalitet i Modalselva oppstrøms samløpet med Budalselva, og 2 lokaliteter i Modalselva nedstrøms samløpet. Det ble også tatt roteprøver fra 4 lokaliteter i Modalselva oppstrøms og nedstrøms samløpet med Budalselva i januar og april i 2005. Disse

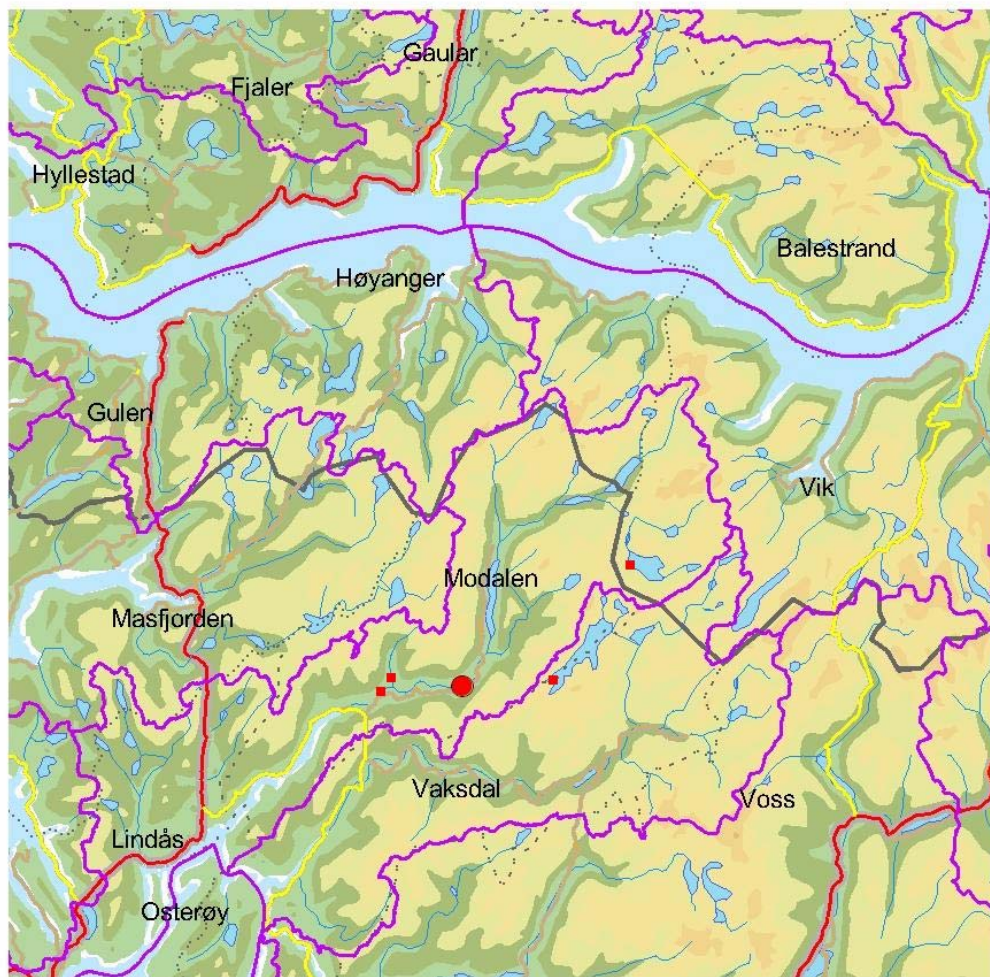


ble samlet inn i et prosjekt finansiert av DN angående effekter av sjøsaltepisoder. Resultatene fra disse prøvene vil bli tatt inn i vurderingen.

## 2. Forsuringsutviklingen i Modalsvassdraget

### 2.1 Metodikk

Prøvetaking og analysemetodikk er som i program for "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør" (SFT, 2006).



**Figur 1.** Kart som viser hele nedbørsfeltet til Modalselva. Rød fylt sirkel viser prøvestasjonen nedenfor Farestveit (mellom Haugen og Espeneset). Prøvestasjonene ved Holskardvatn, Skjerjevatn, Budalselva og Modalselva nedstrøms er vist med små røde firkanter.

Den faste prøvetakingsstasjonen var opprinnelig ved Farestveit. Mot slutten av 1999 ble det observert tidvis endringer i vannkjemien, og etter en nøyere gjennomgang av dataene begynte vi å få mistanke om at det kunne være noe tilsig rett oppstrøms prøvetakingsstasjonen som ga ustabil vannkvalitet, spesielt var dette tydelig på innholdet av total organisk karbon (TOC). I løpet av 2001 ble det tatt prøver forskjellige steder i elva for å se om andre prøvetakingspunkter kunne egne seg bedre. Vi bestemte oss til slutt for å flytte prøvetakingsstedet til omtrent midtveis mellom Haugen og Espeneset, OV 3346 NS 67491

(**Figur 1**), noe som er ca 1 km lengre nord enn Faresteveit. Første prøve på det nye stedet ble tatt i mai 2002.

I tillegg til dette har vi gått gjennom noen eldre vannkjemiske data fra nedbørfeltet til Modalselva (Mjelde og Rørslett 1987).

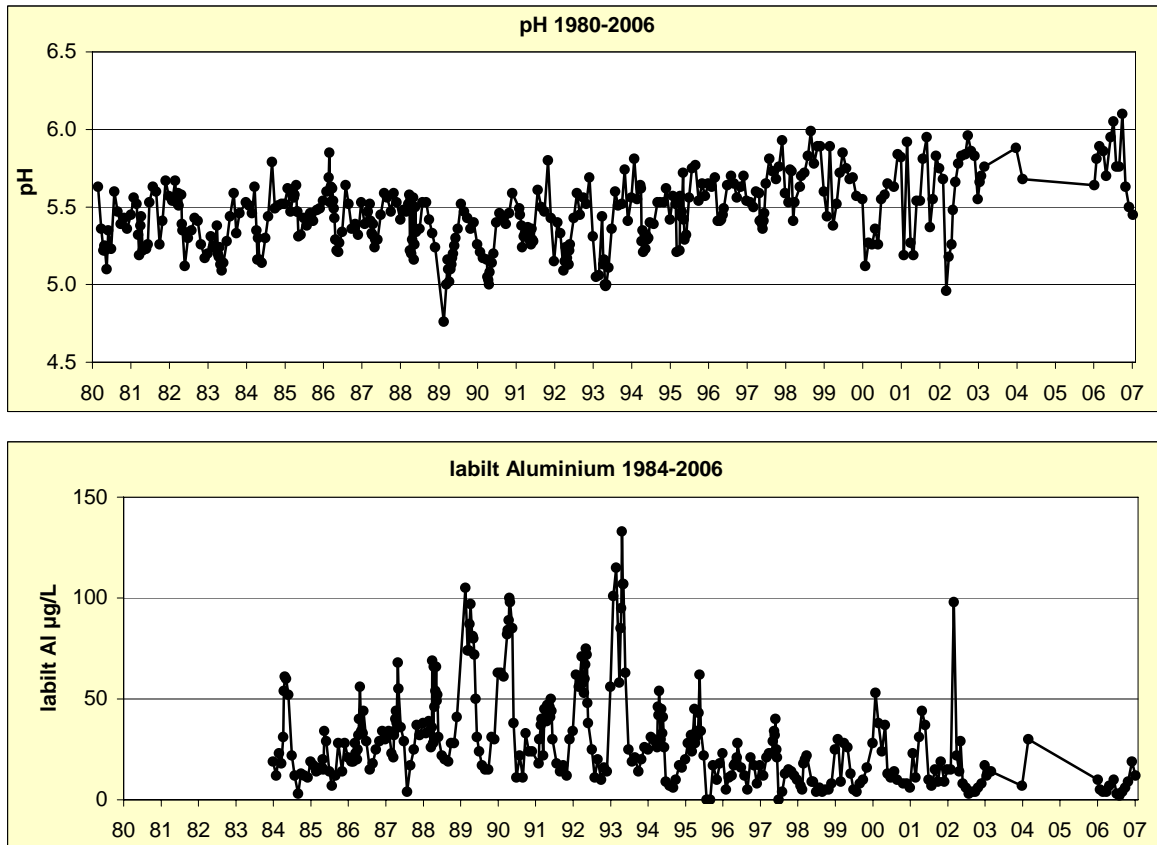
I dette prosjektet er det i tillegg tatt prøver i Holskardvatn, Skjerjevatn, Budalselva og Modalselva nedstrøms Budalselva.

## **2.2 Resultater**

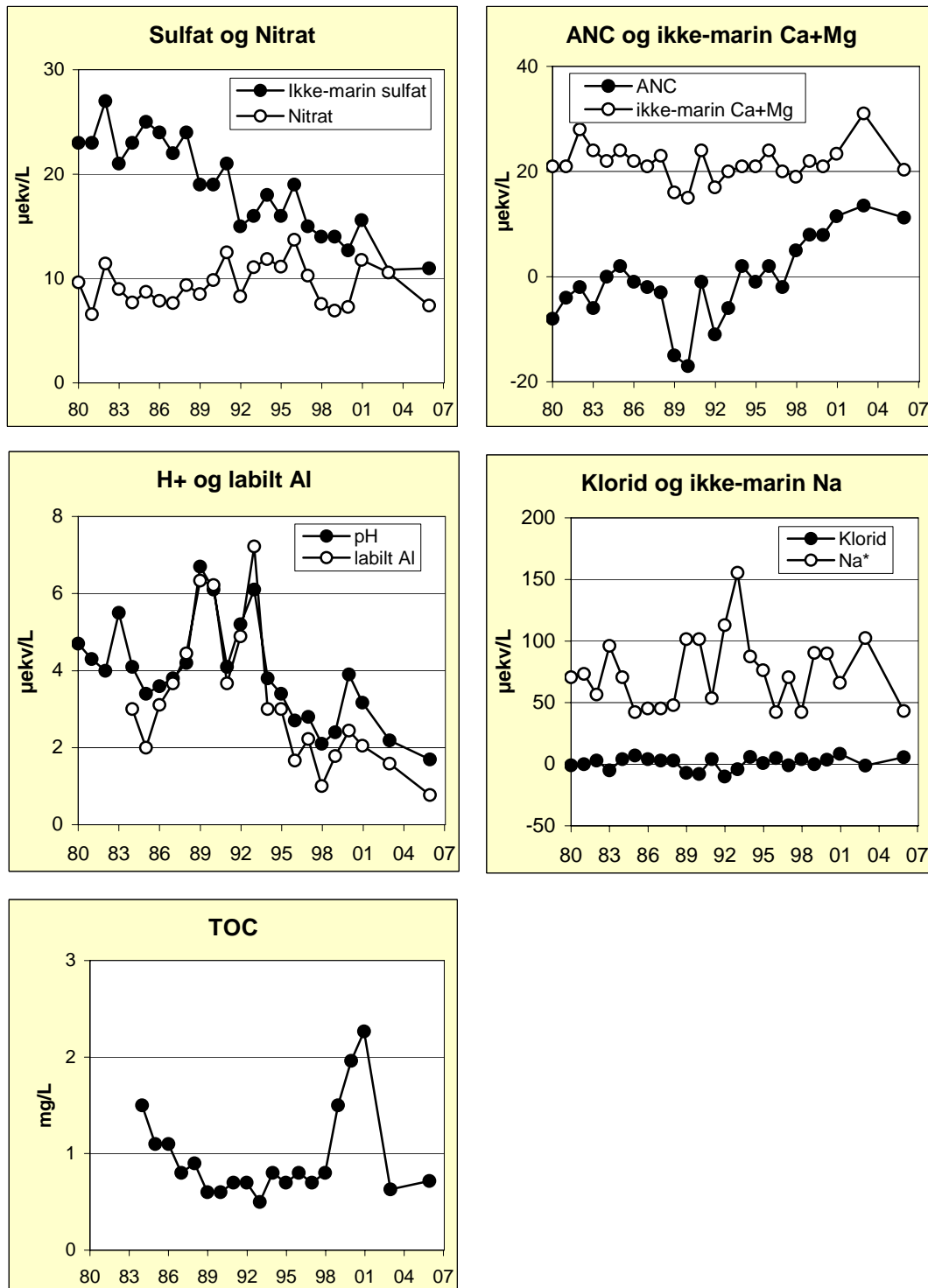
### **2.2.1 Prøvestasjonen ovenfor Faresteveit**

Trender i forsuringsutviklingen ved den faste prøvestasjonen nedenfor Faresteveit i Modalselva er vist i **Figur 2** og **Figur 3**. Som en følge av nedgangen i sulfat, ser vi en bedring i forsurings situasjonen uttrykt som økning i pH og ANC (syrenøytraliserende kapasitet). pH hadde verdier mellom 5,0 og 5,5 på 80-tallet, men svinger seg nå stadig oppover mot pH 6. Likeledes har ANC endret seg fra negative verdier, ned til ANC -25  $\mu\text{ekv/L}$ , til opp mot + 25  $\mu\text{ekv/L}$ .

I perioden fra 1980 til 2006 har konsentrasjonen av ikke-marin sulfat (den delen av sulfat som antas å ha en atmosfærisk opprinnelse) avtatt med 56 % fra konsentrasjonsnivåer mellom 20-30  $\mu\text{ekv/L}$  til nivåer ned mot 10  $\mu\text{ekv/L}$  i dag (**Figur 3**). Dette tilsvarer en nedgang i sulfat fra ca 1,5 mg/L til ca 0,7 mg/L. Siden 2003 har konsentrasjonen av ikke-marin sulfat vært uendret. Dette betyr at den nedadgående trenden i antropogent tilført sulfat har flatet ut. Dette er i tråd med hva vi også observerer i den nasjonale overvåkingen (SFT, 2006). Nitrat har vist et uendret konsentrasjonsnivå gjennom måleperioden (**Figur 3**).



**Figur 2.** Alle enkeltobservasjoner av pH fra 1980 og ut 2006 og for labilt Al fra 1984 og ut 2006 (Skjelkvåle og Skanche 2007).



**Figur 3.** Trender i et utvalg av vannkjemiske måleparametere fra 1980 til 2006. Hvert punkt representerer aritmetrisk middelerdi av alle målingene gjennom året. 2002, 2004 og 2005 er ikke med (Skjelkvåle og Skanche 2007).

Uorganisk bundet aluminium (den delen av aluminium som er antatt giftig for fisk og andre organismer) har avtatt fra årsmiddel-konsentrasjoner på over 60  $\mu\text{g/L}$  på 1980-tallet til 18  $\mu\text{g/L}$  i 2002 (**Figur 2 og 3**).

Modalselva er utsatt for sjøsaltepisoder. I 2002 førte en slik episode til at pH i elva sank under 5,0 og konsentrasjonen av labilt aluminium økte til nesten 100 µg/L.

### 2.2.2 Noen eldre vannkjemiske data

Vannkjemiske resultater fra sommeren 1987 (Mjelde og Rørslett 1987) viser en surere vannkvalitet i Holskardvatn og Skjerjevatn enn i våre vannprøver fra 2006-07 (se kap. 2.2.3), men med tilsvarende relative forskjeller mellom de to innsjøene. I Tabell 1 har vi gjengitt verdiene av noen utvalgte parametre fra de to innsjøene i 1987 og 2007.

**Tabell 1.** Utvalgte vannkvalitetsparametre fra Skjerjevatn og Holskardvatn i 1987 og 2007. Data fra 1987 er basert på enkeltprøver tatt sommerstid (forventet best vannkvalitet), mens data fra 2007 er middelerverdier basert på 4-5 prøver fordelt over året (se også **Tabell 3**).

| Stasjon      | År   | pH   | Kond<br>mS/m | Ca<br>mg/L | SO <sub>4</sub><br>mg/L | NO <sub>3</sub> -N<br>µg/L | LAI<br>µg/L |
|--------------|------|------|--------------|------------|-------------------------|----------------------------|-------------|
| Skjerjevatn  | 1987 | 5,15 | 1,13         | 0,41       | 1,2                     | 108                        | <10         |
|              | 2007 | 5,82 | 1,16         | 0,36       | 0,89                    | 76                         | 4           |
| Holskardvatn | 1987 | 5,99 | 0,90         | 0,44       | 0,7                     | 60                         | <10         |
|              | 2007 | 6,56 | 1,37         | 0,97       | 0,86                    | 55                         | 1           |

### 2.2.3 Undersøkelser for å vurdere vannkjemiske tiltak

Dosering av kalk eller silikat i Budalselva eller Modalselva kan benyttes som et tiltak for vannforbedring i hele Modalselva nedstrøms Budalselva. Dosering av silikat vil i tillegg binde aluminium i brakkvann, og kan derfor sannsynligvis fungere som et tiltak for hele indre del av Osterfjordsystemet.

For å vurdere behovet for et slikt tiltak er det i 2006-07 tatt vannprøver i Budalselva, Modalselva nedstrøms Budalselva, samt i Skjerjevatn og Holskardvatn. Modalselva er regulert, og vannkvaliteten på lakseførende strekning kan variere med utslipp fra ulike deler av feltet.

Holskardvatn, som tidligere drenerte til Modalselva er overført til Askjellsdalsvatnet i forbindelse med Evanger-reguleringen. Størstedelen av nedbørfeltet til Holskardvatnet ligger i fyllitt-feltet som strekker seg fra Arnafjord og sørover, og har fra naturens side bidratt med godt bufret vann til Modalselva (se nedenfor).

Skjerjevatnet drenerte naturlig til Eksingedalen, men er overført til Modalselva etter etableringen av Nygård pumpekraftverk i 2005. Skjerjevatn fungerer som magasin for vann som pumpes opp fra Stølsvatnet via Nygård, og har en magasinkapasitet på 142,3 m<sup>3</sup>. Ved behov sendes vannet tilbake til Nygård, som da fungerer som kraftverk, og derfra til Steinslandsvatn og Modalselva.

Til tross for at Skjerjevatn i likhet med Holskardvatn, grenser opp mot fyllittfeltet, har vannet en naturlig sur vannkvalitet (Fjellheim og Raddum 2003). Dette henger trolig sammen med lite naturlig tilførsel av vann fra fyllittområdet i øst, sammenliknet med Holskardvatnet. Overføringen av Skjerjevatn til Modalselva og Holskardvatnet til Evanger har derfor til sammen bidratt til en negativ påvirkning av vannkvaliteten i Modalselva i forsurende retning.

Tilførslene til Skjerjevatn via Nygård pumpekraftverk kommer i sin helhet fra grunnfjell-områdene mot nord-vest, og bidrar med surt vann.

**Tabell 2** viser prøvetakingstidspunkt og manøvrering på prøvetakingsdagene, mens **Figur 4** viser vannføringen i undersøkelsesperioden fra oktober 2006 til oktober 2007.

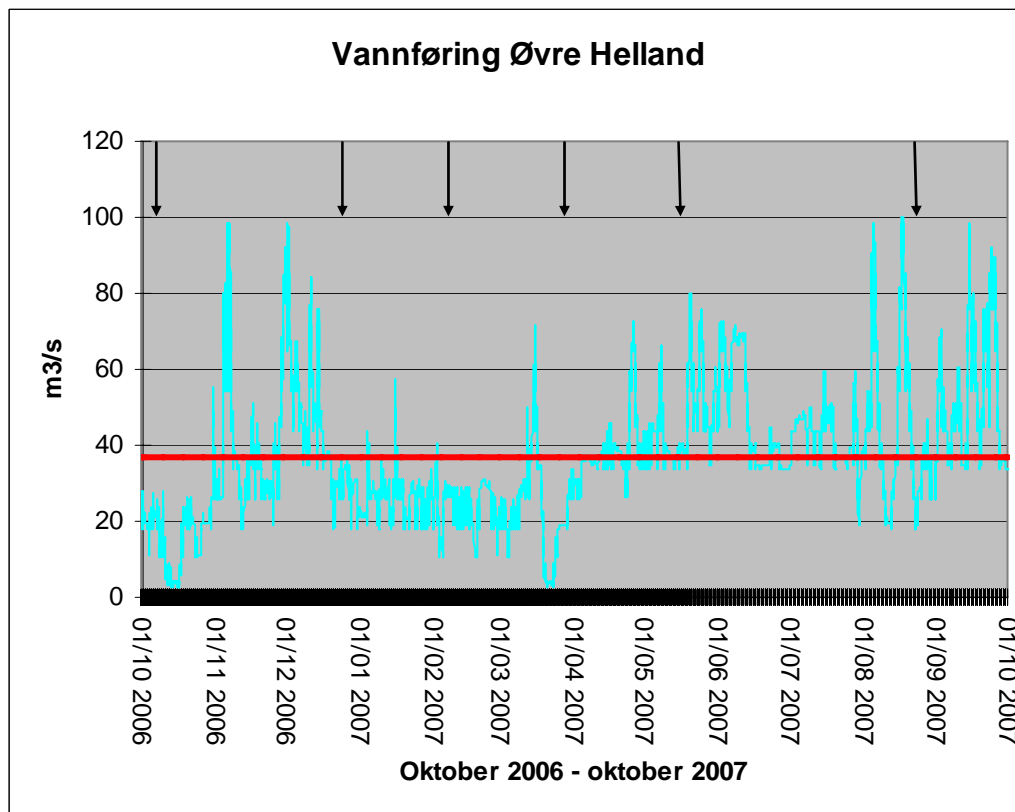
**Tabell 2.** Vannføring  $m^3/s$  ved prøvetaking av vann.

| Dato     | Steinsland kraftverk | Nygård pumpekraftverk | Vannføring ved Øvre Helland |
|----------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 20.10.06 | 15                   | 0                     | 27                          |
| 04.01.07 |                      |                       | 37                          |
| 06.02.07 | 28                   | 13                    | 28                          |
| 20.04.07 | 38                   | 12                    | 39                          |
| 30.05.07 | 38                   | 13                    | 52                          |
| 03.09.07 | 38                   | 10                    | 55                          |

Prøvetakingen er gjort i forbindelse med pumping fra Nygård pumpekraftverk fra Stølsvatn til Skjerjevatn, og gir store forskjeller i vannkjemien mellom Skjerjevatn og Holskardvatn.

Vannkjemien i prøver analysert fram til oktober 2007 er i sin helhet gjengitt i **Vedlegg C** bakerst i rapporten. Utdrag er gjengitt i **Tabell 3**. **Figur 4** viser at vannføringen i Modalselva ved Øvre Helland svinger hurtig med store variasjoner over korte tidsrom. Denne situasjonen er sterkt preget av kraftverksmanøvreringen. Det er ikke mulig på bakgrunn av vår prøvetaking å påvise noen sammenheng mellom vannføring og vannkvalitet.

Berggrunnen i nedbørfeltet er dominert av grunnfjell bestående av tungt forvitrbart gneis og gneisgranitt. Vannkvaliteten i dette området må derfor betraktes som naturlig sur. Øst for en linje fra Arnafjord, forbi Holskardvatnet, Skjerjevatnet og Lavik i Eksingedalen finnes brede soner av fyllitt og glimmerskifer, som forvitrer lett. Dette bidrar til en bedre vannkvalitet med høy pH og god bufferkapasitet i Holskardvatnet, som har størstedelen av nedbørfeltet i dette området, mens Skjerjevatnet er lite påvirket (se ovenfor).



**Figur 4.** Vannføring ved Øvre Helland (timeverdier). Pilene angir prøvetakingstidspunkt. Rød linje angir middelvannføring for perioden på 37,1 m<sup>3</sup>/s. De store og hurtige variasjonene i vannføring skyldes i stor grad kraftverksmanøvrering.

Skjerjevatn har lave ANC-verdier (lav kapasitet for nøytralisering av syre), som i våre prøver varierer mellom +15 og -3, og pH varierer mellom 5,52 og 6,08. Verdiene av labilt aluminium (LAI) er lave, <10 µg/L i samtlige prøver. Pumping av vann fra Nygård bidrar til denne vannkvaliteten.

Holskardvatnet har en bedre vannkvalitet enn de andre prøvelokalitetene (se ovenfor), med ANC-verdier mellom 32 og 88 uekv/L (**Tabell 3**). pH er stabil og ligger i overkant av 6,5. Kalsium varierer mellom 0,67 og 1,62 mg/L, og verdiene for labilt aluminium (LAI) er meget lave (0-4 µg/L i våre prøver). Overføring av Holskardvatnet til Evanger har derfor bidratt negativt til vannkvaliteten i Modalselva.

Samtlige elveprøver viser lave, tidvis negative ANC-verdier. Vannprøvene fra Modalselva har pH-verdier i området 5,5-6,0, mens Budalselva er mer variabel, med pH-verdier i området 5,0-6,0. Labilt aluminium i Modalselva varierer i området 5-20 µg/L, mens det ble registrert opp til 120 µg LAI/L i Budalselva, og ANC-verdier mellom -19 og 7. ANC i Modalselva varierte fra -3 til +18. Kalsiumverdiene er meget lave både i Budalselva (0,10-0,53 mg/L) og Modalselva (0,20-0,70 mg/L). Prøvene fra Modalselva viser ingen klar sammenheng mellom vannføring og vannkvalitet. Det er bygget minikraftverk i Budalselva, men elven er ikke regulert.



**Tabell 3.** *Middel-, min- og maksverdier fra prøver i 2006.*

| <b>Stasjon</b>                                 |            | <b>pH</b> | <b>Ca<br/>mg/L</b> | <b>Alk-E<br/>µekv/L</b> | <b>LAI<br/>µg/L</b> | <b>TOC<br/>Mg/L</b> | <b>ANC<br/>µekv/L</b> |
|--|------------|-----------|--------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| <b>Skjerjevatn</b>                             | <b>Mid</b> | 5,82      | 0,36               | 6                       | 4                   | 0,42                | 6                     |
|  | <b>Min</b> | 5,52      | 0,22               | 0                       | 1                   | 0,30                | -3                    |
|  | <b>Max</b> | 6,08      | 0,50               | 13                      | 7                   | 0,53                | 14                    |
|  | <b>N</b>   | 4         | 4                  | 4                       | 4                   | 4                   | 4                     |
| <b>Holskardvatn</b>                            | <b>Mid</b> | 6,56      | 0,97               | 46                      | 1                   | 0,47                | 53                    |
|  | <b>Min</b> | 6,44      | 0,67               | 27                      | 0                   | 0,36                | 32                    |
|  | <b>Max</b> | 6,77      | 1,62               | 79                      | 4                   | 0,57                | 88                    |
|  | <b>N</b>   | 5         | 5                  | 5                       | 5                   | 5                   | 5                     |
| <b>Budalselva</b>                              | <b>Mid</b> | 5,42      | 0,31               | 1                       | 48                  | 0,56                | -4                    |
|  | <b>Min</b> | 5,06      | 0,10               | 0                       | 5                   | 0,33                | -19                   |
|  | <b>Max</b> | 5,91      | 0,53               | 3                       | 120                 | 1,20                | 6                     |
|  | <b>N</b>   | 5         | 5                  | 5                       | 5                   | 5                   | 5                     |
| <b>Modalselva<br/>oppstrøms<br/>Farestveit</b> | <b>Mid</b> | 5,70      | 0,32               | 5                       | 11                  | 0,54                | 4                     |
|  | <b>Min</b> | 5,45      | 0,20               | 0                       | 4                   | 0,35                | -3                    |
|  | <b>Max</b> | 5,99      | 0,43               | 11                      | 21                  | 0,81                | 12                    |
|  | <b>N</b>   | 8         | 8                  | 8                       | 8                   | 8                   | 8                     |
| <b>Modalselva<br/>nedstrøms<br/>Budalselva</b> | <b>Mid</b> | 5,74      | 0,42               | 7                       | 14                  | 0,76                | 10                    |
|  | <b>Min</b> | 5,56      | 0,28               | 0                       | 6                   | 0,51                | 2                     |
|  | <b>Max</b> | 5,86      | 0,70               | 15                      | 21                  | 1,20                | 18                    |
|  | <b>N</b>   | 5         | 5                  | 5                       | 5                   | 5                   | 5                     |

## 3. Fiskeundersøkelser

### 3.1 Materiale og metode

#### 3.1.1 Elektrisk fiske

For å undersøke tettheten av ungfisk i Budalselva ble det gjennomført et kvantitativt elektrisk fiske med tre gangers overfiske på hver stasjon i henhold til standard metode beskrevet av Bohlin et al. (1989). Undersøkelsene ble utført på to stasjoner. Arbeidet ble utført den 6.3.2007. Arealet på den enkelte stasjon var 100 m<sup>2</sup>. All fisk samlet inn ved elektrisk fiske ble artsbestemt, lengdemålt og frosset ned for senere aldersbestemmelse ved lesing av otolitter. Basert på resultatene fra det elektriske fisket og aldersanalysen av innsamlet fisk er tettheter av de ulike årsklassene av ungfisk beregnet. Det ble i tillegg utført et begrenset kvalitativt elektrisk fiske (ca 300 m<sup>2</sup>) mellom stasjonene. Tetthetene av ungfisk er sammenholdt med tetthetene funnet på tilsvarende stasjoner i hovedløpet både oppstrøms og nedstrøms samløpet med Budalselva. Ut i fra det innsamlede materialet ble tetthetene av såkalt presmolt beregnet. Presmolt er her definert som fisk som har oppnådd en viss lengde når vekstsesongen er avsluttet om høsten, og som dermed mest sannsynlig kommer til å smoltifisere påfølgende vår (Sægrov et al. 2001). Tetthetene av presmolt vil derfor til en viss grad gjenspeile den andelen av ungfiskbestanden som skal vandre ut som smolt påfølgende vår. Fisk som vokser raskt smoltifiserer som regel tidligere og ved en mindre lengde enn fisk som vokser senere (Økland et al. 1993). Nedre lengdegrenser for presmolt ble definert av Sægrov et al. (2001) som følgende; fisk med en lengde >9 cm for 0+, >10 cm for 1+, >11 cm for 2+ og >12 cm for 3+. Presmolttettheter blir gitt for både sideelven Budalselva og for hovedløpet i Modalselva fra Hellandsfossen og ned til utløpet.

#### 3.1.2 Bonitering

Boniteringen av Budalselva ble foretatt 6.3.2007. Strekningen fra inntaksdammen til minikraftstasjonen og ned til samløpet med Modalselva ble undersøkt fra land og ved vading på kryss og tvers av elva. Boniteringen er basert på en kartlegging av fysiske forhold på den aktuelle strekningen med spesiell vekt på vannhastighet, vanndybde, bunnsubstrat, kantvegetasjon og gyteområder. Basert på skjønnsmessige vurderinger av strekninger i elva, ble vannhastigheten gitt en av disse fem kategoriene:

- 1) Foss - markert fall og svært høy vannhastighet
- 2) Stritt stryk - vannhastighet > 1 m/s, betydelig fallgradient
- 3) Moderat stryk - liten fallgradient, hastighet 0,5-1 m/s
- 4) Sakteflytende - lav vannhastighet 0,2-0,5 m/s
- 5) Stillestående - vannhastighet 0-0,2 m/s

Det ble gjort punktvis målinger av vanddypet som ble vurdert som dominerende i det aktuelle område med en målestav. Bunnsubstratet ble delt inn i fire kategorier og ble basert på en modifisert Wentworth skala:

- 1) Finsubstrat - fin grus, sand, silt, leire med partikkelstørrelse < 2 cm
- 2) Grus - Partikkelstørrelse 2-16 cm
- 3) Stein - Partikkelstørrelse 16-35 cm
- 4) Stor stein og blokk - Partikkelstørrelse > 35 cm

Hvis bart fjell dominerte, ble dette nevnt spesielt. Den dominerende type kantvegetasjonen ble registrert og ble vurdert ut i fra tre tilstandskategorier:

- 1) Sparsom og glissen
- 2) Flekkvis tett
- 3) Tett og frodig

Potensielle gyteområder basert på skjønnsmessig vurdering av tilgjengelig egnet gytegrus ble lokalisert. Erfaringer fra en rekke andre vassdrag og kjennskap om laksefiskenes gytebiologi og de krav fisken stiller til vandyp, vannhastighet og bunnsubstrat når den skal gyte (Heggberget et al., 1988; Crisp & Carling, 1989; Barlaup et al., 1994), ble også lagt til grunn for å finne gyteområdene.

Dominerende områder som ikke var vanndekt ved boniteringen, såkalte tørrfallsområder, ble i tillegg registrert.

Med bakgrunn i boniteringen ble det utarbeidet kart over det undersøkte området for å illustrere fordeling av de undersøkte kriteriene. Kartene ble laget med programvaren ArcGis 9.1. Hvis en eller flere av de undersøkte kategoriene dominerte et området av elva, er kategoriene slått sammen. Boniteringen sammen med det elektriske fiske danner basisen for en vurdering av produksjonsgrunnlaget av fisk i Budalselva.

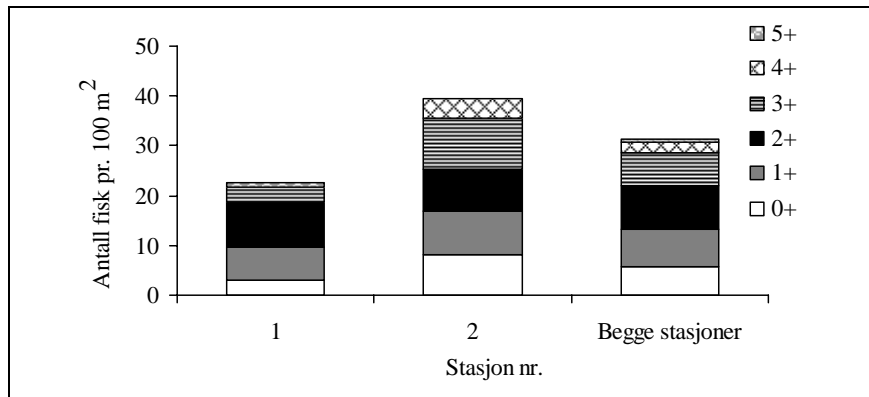
## **3.2 Resultater**

### **3.2.1 Undersøkelser av ungfiskbestanden**

#### **Tettheter av aure**

På de 2 stasjonene som ble fisket i Budalselva ble det totalt fanget 59 ungfisk av aure. Av aurene var 10 årsyngel og 49 eldre ungfisk. Tetthetene av ensomrig aure på stasjon 1 og 2 var henholdsvis 3,1 og 8,0 fisk pr. 100 m<sup>2</sup> (**Figur 5**). For tosomrig eller eldre aure ble det på stasjon 1 funnet 21,0 fisk pr. 100 m<sup>2</sup>, mens det på stasjon 2 ble registrert 32,1 fisk pr. 100 m<sup>2</sup>. Den gjennomsnittlige tettheten av ensomrig aure på stasjonene var 5,6 (Std = 3,5) fisk pr. 100 m<sup>2</sup> og tilsvarende tall for eldre aure var 26,6 (Std = 7,8). Gjennomsnittlig presmolttetthet ble beregnet til 16 presmolt pr. 100 m<sup>2</sup>.

På det kvalitative elektriske fiske mellom stasjon 1 og 2 ble det registrert ni ungfisk av aure.



**Figur 5.** Estimert tetthet av ulike årsklasser av aure ved elektrisk fiske av 2 stasjoner og beregnet gjennomsnittlig tetthet av årsklassene for begge stasjoner i Budalselva den 6.3.2007.

### Tettheter av laks

Det ble kun registrert en tresomrig (2+) laks på stasjon 1, mens det ikke ble fanget laks på stasjon 2. Den gjennomsnittlige tettheten av eldre lakseunger på stasjonene ble 0,5 laks pr. 100 m<sup>2</sup>, som og blir presmolttettheten.

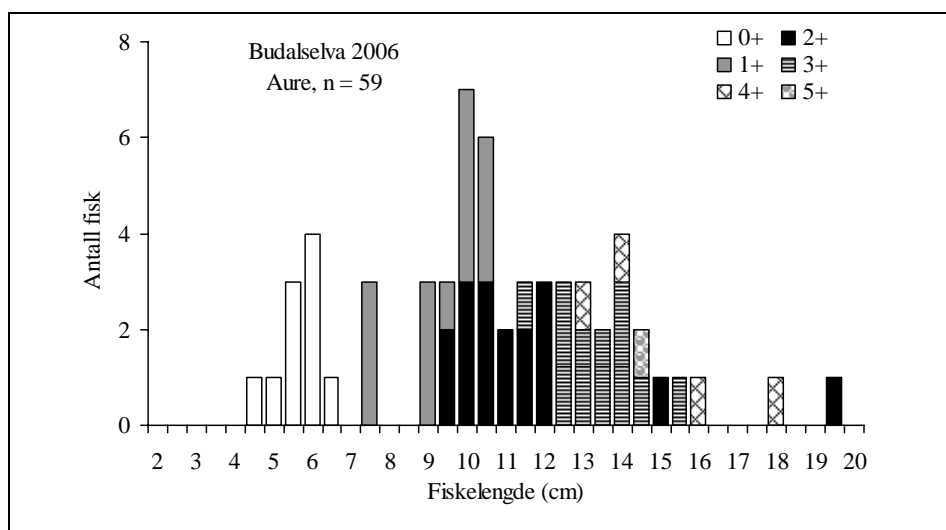
På det kvalitative elektriske fisket ble det fanget 2 laks, der den ene var årsyngel (0+) og den andre var firesomrig (3+).

### Ungfiskens vekstmønster

Lengdefordelingen av aure tatt i Budalselva i mars 2007 er vist i **Figur 6** og **Tabell 4**.

Materialet viser at den ensomrige auren var om lag 5,8 cm etter første vekstsesong, 9,5 cm etter andre, 11,7 cm etter tredje og om lag 13,6 cm etter fjerde vekstsesong.

Totalt ble det fanget tre laks på det kvantitative og det kvalitative elektriske fisket. En var årsunge (0+) på 5,7 cm, en var tresomrig (2+) på 11,0 cm og den siste var en firesomrig (3+) laks på 13,0 cm.

**Figur 6.**

*Lengdefordeling av aure tatt ved elektrisk fiske i Budalselva den 6.3.2007.*

**Tabell 4.** Gjennomsnittlig lengde (cm) med standard avvik for ulike aldersgrupper av aure samlet inn i Budalselva den 6.3.2007. Data er basert på aldersanalyse av otolitter.

| Alder (år)      | Lengde (cm) | Standard avvik | Antall fisk |
|-----------------|-------------|----------------|-------------|
| Ensomrig (0+)   | 5,8         | 0,6            | 10          |
| Tosomrig (1+)   | 9,5         | 1,1            | 14          |
| Tresomrig (2+)  | 11,7        | 2,4            | 17          |
| Firesomrig (3+) | 13,6        | 1,1            | 13          |
| Femsomrig (4+)  | 15,5        | 2,2            | 4           |
| Sekssomrig (5+) | 14,7        | --             | 1           |

### 3.3 Fysisk beskrivelse av undersøkt område (bonitering)

I Budalselva er moderat stryk den dominerende vannhastigheten med en liten fallgradient og vannhastigheter på mellom 0,5-1,0 m/s (**Figur 7**). Av de fire kategoriene for bunnsubstrat er det store steiner og noe blokk som dominerer bunnen med en partikkelstørrelse på over 35 cm. Det ble observert et lite, sammenhengende gyteområde ca. 100 meter nedstrøms minikraftstasjonen som ligger relativt langt opp i det undersøkte området. Ellers var det muligheter for flekkvis gyting i noen andre undersøkte partier (se **Figur 7**). Store deler av elvestrekningen hadde på tidspunktet for undersøkelsene et vanndyp på mellom 20-30 cm, men det var og større kulper og holer hvor vanndypet var fra 50-80 cm dyp (**Figur 7**). Gran og løvtrær er dominerende kantvegetasjon og som stort sett er tett og frodig.

#### 3.3.1 Generell vurdering

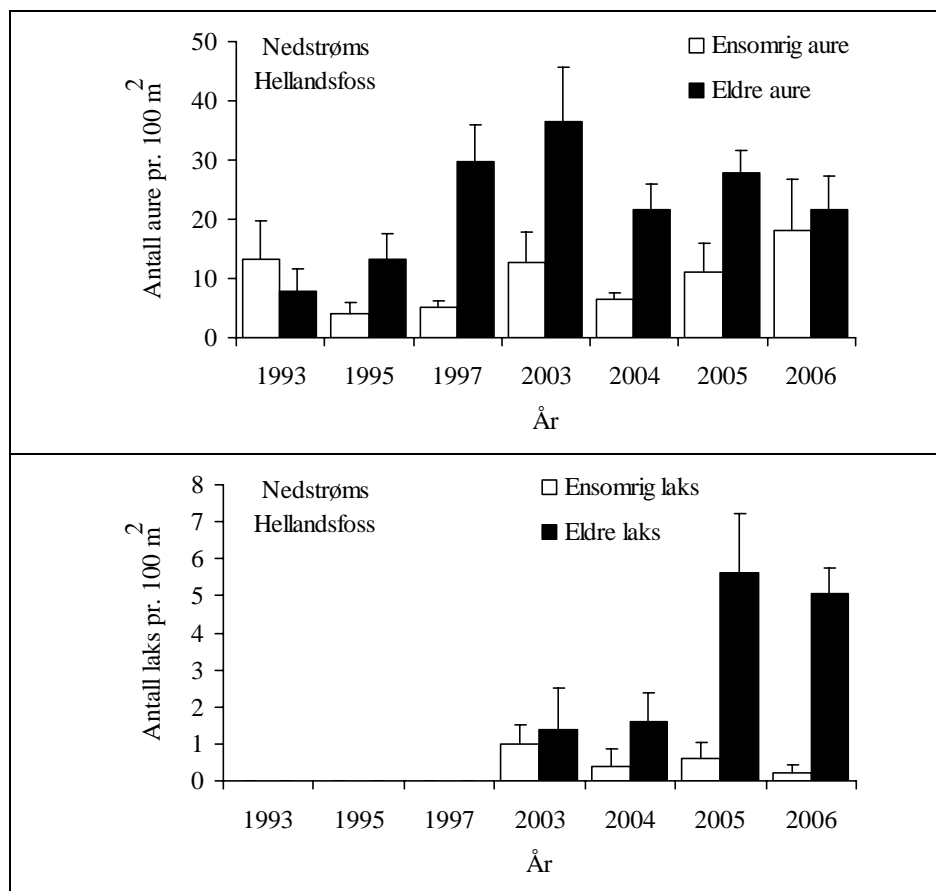
Budalselva har gode oppvekstforhold for ungfisk av laks og aure, men sparsomme gytemuligheter for voksen fisk. Den anadrome strekningen er på ca. 800 meter og har et areal på ca. 10 000 m<sup>2</sup>. Elvestrekningen oppstrøms minikraftstasjonen, som går opp i et juv, kan beskrives som et kulp-stryk parti med relativt dype holer og sakteflytende vann avbrutt av grunnere og mer hurtigrennende vann. Elvestrekningen nedstrøms minikraftstasjonen flater

noe ut og er dominert av moderate strykpartier med en litt større høl/kulp i nedre del av strekningen. Den delen av elva som ligger ca. 100 meter nedstrøms utløpet fra minikraftstasjonen har en noe mer sakteflytende vannstrøm med gode forhold for gyting, og er trolig det viktigste området for gyting og bidraget til naturlig rekruttering i denne delen av Budalselva.

**Figur 7.** Fysiske beskrivelse av Budalselva med hensyn på A) vannhastighet, B) bunnsubstrat og gyteområder, C) vanddyp og D) kantvegetasjon og tørrfallsområder.

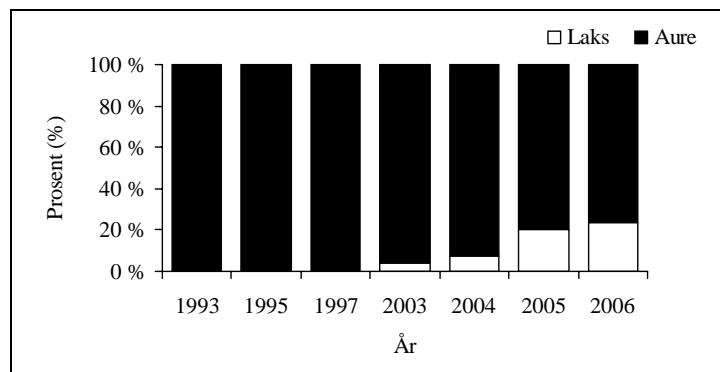
### 3.4 Ungfiskproduksjon i Budalselva og i hovedløpet til Modalselva

I perioden 1993-1997 ble det ikke påvist ungfisk av laks på stasjonsnettet i Modalselva. Dette har imidlertid endret seg, og det er i de fire siste årene vært påvist laks på stasjonene (**Figur 8**). Andelen laks av totalt andel ungfisk fanget på ungfiskundersøkelsene har vært økende (**Figur 9**), og det er siden 2005 registret laks på samtlige fem stasjoner nedstrøms Hellandsfossen. Imidlertid er tetthetene av laks lave og de har i de fire siste årene vært på mellom ca. 1-6 individer pr. 100 m<sup>2</sup>. Trolig er denne etableringen et resultat av forbedret vannkjemisk miljø i hovedløpet (kap. 2.2.1). Tetthetene av aure viser noe av det samme bildet, der de gjennomsnittlige tetthetene var lavest i 1993 og 1997 og med høyere tettheter i de senere undersøkte årene (**Figur 8**). I de fire siste årene har de gjennomsnittlige tetthetene av eldre aure vært på mellom ca. 20-35 individer pr. 100 m<sup>2</sup> (**Tabell 5**). Den gjennomsnittlige tettheten av aure pr. 100 m<sup>2</sup> i Budalselva er ganske lik tilsvarende tettheter funnet i hovedløpet i Modalselva, mens tetthetene av laks synes å være lavere i Budalselva enn i hovedløpet. Laksen som ble fanget i Budalselva kan ha vandret opp fra Modalselva.



**Figur 8.** Gjennomsnittlige tettheter av årsunger (0+) og eldre ungfisk (>0+) av aure (øverst) og laks (nederst) fanget på fem stasjoner i Modalselva nedstrøms Hellandsfossen i perioden 1993-2006. Stolpene over søylene viser standard feil. Merk forskjellig skala på y-aksene.





**Figur 9.** Andel eldre laks (>0+) i prosent (%) av totalt antall fisk fanget på elfiske i Modalselva på stasjonsnett nedstrøms Hellandsfossen i perioden 1993-2006.

**Tabell 5.** Gjennomsnittlige tettheter av aure og laks per 100 m<sup>2</sup> på fem stasjoner i hovedløpet til Modalselva nedstrøms Hellandsfossen ved innsamlingene i perioden 1993-2006. Det er skilt mellom årsunger 0+, eldre ungfisk >0+ og presmolt.

| År   | Tetthet aure per 100 m <sup>2</sup> |           |          | Tetthet laks per 100 m <sup>2</sup> |           |          |
|------|-------------------------------------|-----------|----------|-------------------------------------|-----------|----------|
|      | Årsunger 0+                         | Eldre >0+ | Presmolt | Årsunger 0+                         | Eldre >0+ | Presmolt |
| 1993 | 13,4                                | 7,7       |          | 0                                   | 0         | 0        |
| 1995 | 4,1                                 | 13,2      |          | 0                                   | 0         | 0        |
| 1997 | 5,0                                 | 29,9      |          | 0                                   | 0         | 0        |
| 2003 | 12,8                                | 36,5      | 12,6     | 1,0                                 | 1,4       | 0,2      |
| 2004 | 6,4                                 | 21,5      | 8,6      | 0,4                                 | 1,6       | 0        |
| 2005 | 11,2                                | 27,9      | 3,2      | 0,6                                 | 5,6       | 0,2      |
| 2006 | 18,1                                | 21,6      | 5,0      | 0,2                                 | 5,1       | 3,6      |

### 3.4.1 Produksjonspotensialet av smolt i Budalselva og Modalselva

Da smolttettheten i Budalselva eller i Modalselva ikke er kjent, må vi bruke data fra andre vassdrag rapportert i litteraturen for å anslå en forventet smoltproduksjon. Fra norske vassdrag finnes slike data fra bla. restfeltet i Vikja, Daleelva (Vaksdal kommune), Orkla og Imsa. Over en periode på 18 år i elva Imsa fant Jonsson et al. (1998) en gjennomsnittlig smoltproduksjon på om lag 14,6 smolt per 100 m<sup>2</sup> (fra om lag 3-32 smolt per 100 m<sup>2</sup>). I Orkla fant Hvidsten et al. (1996) en gjennomsnittlig smoltproduksjon på 7,1 smolt per 100 m<sup>2</sup> (fra 4,0-10,8 smolt per 100 m<sup>2</sup>) over en periode på 13 år. I Vikja ble det i 2005 beregnet en smoltproduksjon fra 16-29 smolt per 100 m<sup>2</sup> basert på fangster i smoltfelle fra et restfelt med utplantning av lakserogn (LFI-Unifob, upubl. data). Tilsvarende ble det funnet en gjennomsnittlig smoltproduksjon på 7,7 smolt per m<sup>2</sup> (fra 5,4-11,8 smolt per 100 m<sup>2</sup>) i en fireårsperiode i restfeltet i Daleelva (Vaksdal kommune) (LFI-Unifob, upubl. data). I Girnock Burn, en sideelv til River Dee i Skottland, fant Buck & Hay (1984) en gjennomsnittlig

smoltproduksjon på 7,7 smolt per 100 m<sup>2</sup> (fra 5,8-8,7 smolt per 100 m<sup>2</sup>) over en periode på 8 år.

Basert på vannlinjene fra økonomiske kart (N-5) fra Statens kartverk har Budalselva et oppvekstareal på 10 000 m<sup>2</sup>, mens tilsvarende for hovedløpet i Modalselva nedstrøms Hellandsfossen er på 344 000 m<sup>2</sup>. Trolig er disse tallene noe høye, siden vannføringen varierer mye igjennom året, slik at det realiserste vanndeekte arealet er lavere enn oppvekstarealet funnet ved å bruke vannlinjene basert på et kartgrunnlag. Dette illustreres i **Figur 7 D**, der de registrerte tørrfallsområdene fører til at det vanndeekte areal blir på 80 % av arealet beregnet ut i fra vannlinjene fra økonomiske kart. Basert på tallene for smoltproduksjon nevnt ovenfor i fra andre vassdrag, er det i **Tabell 6** oppgitt et forventet antall smolt produsert i Budalselva og Modalselva ved en smoltproduksjon fra 5-15 smolt per 100 m<sup>2</sup>. Ved en smoltproduksjon på 5 smolt per 100 m<sup>2</sup> kan en forvente en samlet smoltproduksjon på om lag 17 700. Trolig er produksjonspotensialet for smolt noe høyere, og det er ikke urealistisk å forvente en smoltproduksjon på mellom 17 700 og 35 400 smolt årlig. Basert på ungfiskundersøkelsene av laks, er produksjonen av laksesmolt langt lavere eller nesten fraværende grunnet forsuren av vassdraget (se kap. 2.2.3).

**Tabell 6.** Potensiell smoltproduksjon i Budalselva og Modalselva ved ulike tettheter smolt per arealenhet.

| Smoltproduksjon           | Budalselva | Modalselva | Totalt |
|---------------------------|------------|------------|--------|
| 5 per 100 m <sup>2</sup>  | 500        | 17 200     | 17 700 |
| 10 per 100 m <sup>2</sup> | 1 000      | 34 400     | 35 400 |
| 15 per 100 m <sup>2</sup> | 1 500      | 51 600     | 53 100 |

### 3.5 Undersøkelser av aluminium på gjellene til ungfisk i Modalselva

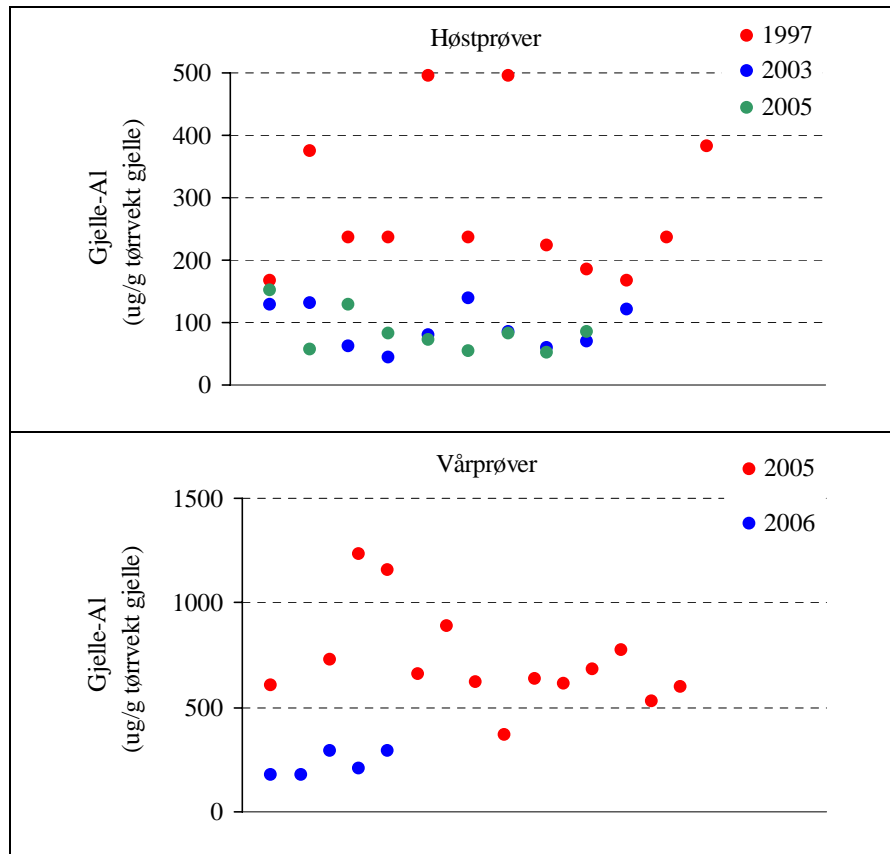
Konsentrasjonen av aluminium på gjellene til ungfisk i Modalselva har vært undersøkt i perioden 1997-2006. Undersøkelsene viser en reduksjon av gjellealuminium i denne perioden (**Figur 10**). Dette skyldes høyst sannsynlig redusert sur nedbør og en forbedring av de vannkjemiske forhold. Likevel viser resultatene fra både gjelleprøver og vannprøver at Modalsvassdraget stadig er kraftig påvirket av forsuren. Undersøkelsene av mengden giftig aluminium på fiskegjellene om våren er langt høyere sammenlignet med mengden om høsten.

Det vannkjemiske miljøet er trolig klart begrensende for produksjonen av laks. Kroglund et al. (2007) viser til at det vil forekomme akutt dødelighet hos ungfisk ved en ferskvannseksponering som varer i mange dager og ved en mengde giftig aluminium som overstiger 300 µg Al/g tørrvekt gjelle. Disse grenseverdiene er imidlertid langt lavere for smolt. En grenseverdi under 30 µg Al/g vil gi en forventet god smoltkvalitet, mens verdier over dette vil gi en forringet smoltkvalitet og lavere overlevelse (Kroglund et al. 2007). De gjennomsnittlige verdiene av giftig aluminium på fiskegjellene prøvetatt om høsten i hovedløpet til Modalselva i perioden 1997-2005 viser verdier fra 85-285 µg Al/g tørrvekt gjelle, mens tilsvarende prøver av smolt om våren viser verdier på 820 µg Al/g tørrvekt gjelle i 2005 og 230 µg Al/g tørrvekt gjelle i 2006. Dette betyr at det vannkjemiske miljøet i Modalselva påvirker både lakse- og aurebestanden i betydelig negativ grad.

Materialet i **Figur 10** fra våren 2005 viser at skadelige påslag av aluminium fortsatt forekommer i forbindelse med sjøsaltepisoder. Dette materialet består av aure. En rekke undersøkelser (bla. Bjerknes *et al.* 1997) har vist at laks akkumulerer større mengder

aluminium enn aure i samme vannkvalitet, noe som betyr at vannkvaliteten våren 2005 har vært ekstremt skadelig for laksesmolt.

Laks er noe mer ømfintlig for surt vann enn aure. Under en episode med svært surt vann i Mandalselva våren 2005 (sjøsaltepisode), ble det registrert omfattende skader på laksebestanden, mens bestanden av aure var mindre påvirket av den samme episoden (Kroglund et al. 2007). Dette skyldes forskjeller i sårbarhet mellom artene, og bekrefter tydelig at laksen er langt mer sensitiv enn auren.



**Figur 10.** Giftig aluminium ( $\mu\text{g Al/g tørrvekt gjelle}$ ) registrert på undersøkte fiskegjeller i Modalselva om høsten (øverst) i 1997, 2003 og 2005 og tilsvarende om våren (nederst) i 2005 og 2006. Punktene viser enkeltmålinger av en prøvetatt fiskegjelle. Merk forskjellig skala på y-aksene. De 5 vårprøvene fra 2006 er laks, resten er aure.

## 4. Bunndyrundersøkelser

### 4.1 Materiale og metode

Det ble tatt sparkeprøver på 2 stasjoner i Budalselva høsten 2006 etter standard metodikk (Frost m. fl., 1971). Prøvene ble tatt ca. 100 m nedstrøms kraftverket (St. 1), og ca. 100 m oppstrøms samløpet med Modalselva (St. 2). På grunn av høy vannstand denne høsten ble det ikke tatt roteprøver i Modalselva før i april 2007. Det ble tatt 2 prøver nedstrøms samløpet med Budalselva (St. 3 og St. 4), og 1 prøve oppstrøms samløpet (St. 5). Stasjon 3 ligger ca. 100 m oppstrøms veibrua ovenfor sentrum ved Otterstad, stasjon 4 ligger nedstrøms bro ved Hugnadstad, mens stasjon 5 ligger oppstrøms bro til Hellandsdalen.

Forsuringsindeksene 1 og 2 er beregnet som i Fjellheim & Raddum (1990) og Raddum (1999).

### 4.2 Resultat og diskusjon

Artene som ble registrert og forsuringsindeksene er vist i **Vedlegg A**. Den svært følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* ble funnet i lavt antall på begge lokalitetene i Budalselva høsten 2006. Dette fører til at Indeks 1 får verdien 1, mens Indeks 2 blir 0,50 og 0,52 på dette tidspunktet. Også 2 andre moderat følsomme arter ble registrert i Budalselva om våren, nemlig steinfluene *Diura nanseni* og *Capnia* sp. Om våren var det ingen følsomme arter tilstede i prøven fra Budalselva.

I Modalselva ble det registrert en moderat følsom art våren 2007, vårfluen *Apatania* sp. Dette ga indeksverdien 0,5 til Modalselva på dette tidspunktet, mens Budalselva fikk verdien 0. Indeks 1 indikerer at Modalselva er moderat påvirket av forsurening om våren, mens Budalselva er sterkt påvirket. Indeks 1 og Indeks 2 fra høstprøvene i 2006 viser at bunndyrsamfunnet i Budalselva er moderat påvirket av forsurening på dette tidspunktet. *B. rhodani* hadde klart å etablere seg i Budalselva, men i svært lavt antall. Om denne arten var tilstede i Modalselva om høsten 2006 vet vi ikke, siden vi ikke fikk tatt prøver. Undersøkelser som ble gjort i Modalselva vinteren 2005 i forbindelse med sjøsaltepisoder (Kroglund m. fl., 2007), viser imidlertid at arten var tilstede i slutten av januar med svært få individer oppstrøms samløpet med Budalselva (**Vedlegg B**). Det er derfor rimelig å anta at arten kan være tilstede i Modalselva nedstrøms Budalselva om høsten. Forøvrig er indeksverdiene i Modalselva på samme nivå i 2007 som i 2005.

Både Budalselva og Modalselva har ett bunndyrsamfunn som er påvirket av sur nedbør. At *B. rhodani* blir funnet i roteprøvene om høsten / tidlig vinter tyder på at vannkvaliteten ikke er letal for arten hele året. At den blir funnet med så få individer viser imidlertid at vannkvaliteten ikke er optimal, men allikevel god nok på enkelte strekninger til å opprettholde en fåtallig bestand i vassdraget.

## 5. Samlet konklusjon og forslag til tiltak

### 5.1 Konklusjon

Modalselva er påvirket av sur nedbør, men vannkvaliteten er vesentlig forbedret gjennom de siste 10 årene som følge av reduksjoner i nedfallet av sure komponenter.

Vassdragsreguleringen har bidratt negativt til vannkvaliteten ved at det fyllittpåvirkete Holskardvatnet er overført til Evanger, mens det sure og ionefattige Skjerjevatnet er overført fra Eksingedalen til Modalen. Mjelde og Rørslett (1987) konkluderte med at overføringen av Skjerjevatn fra Eksingedalen til Modalen ville få liten betydning for vannkvaliteten i Modalsvassdraget. Derimot representerer overføringen av Holskardvatnet til Evanger en varig negativ effekt på Modalselvas vannkvalitet. Dette betyr at Modalselva, til tross for reduksjon i nedfallet av sure komponenter, aldri vil kunne gjenoppnå sin opprinnelige, naturlige vannkvalitet.

Den uregulerte Budalselva er sur, og har en vannkvalitet som er vesentlig dårligere enn hovedelva, bl.a. tidvis høye verdier av labilt aluminium. Dette kan medføre giftige blandsoner nedstrøms Budalselva i perioder med liten vannføring i hovedelven, men dette er ikke påvist i vårt prøvemateriale. Fiskestudier av Budalselva viser at produksjonspotensialet for laksefisk i denne sideelven er begrenset.

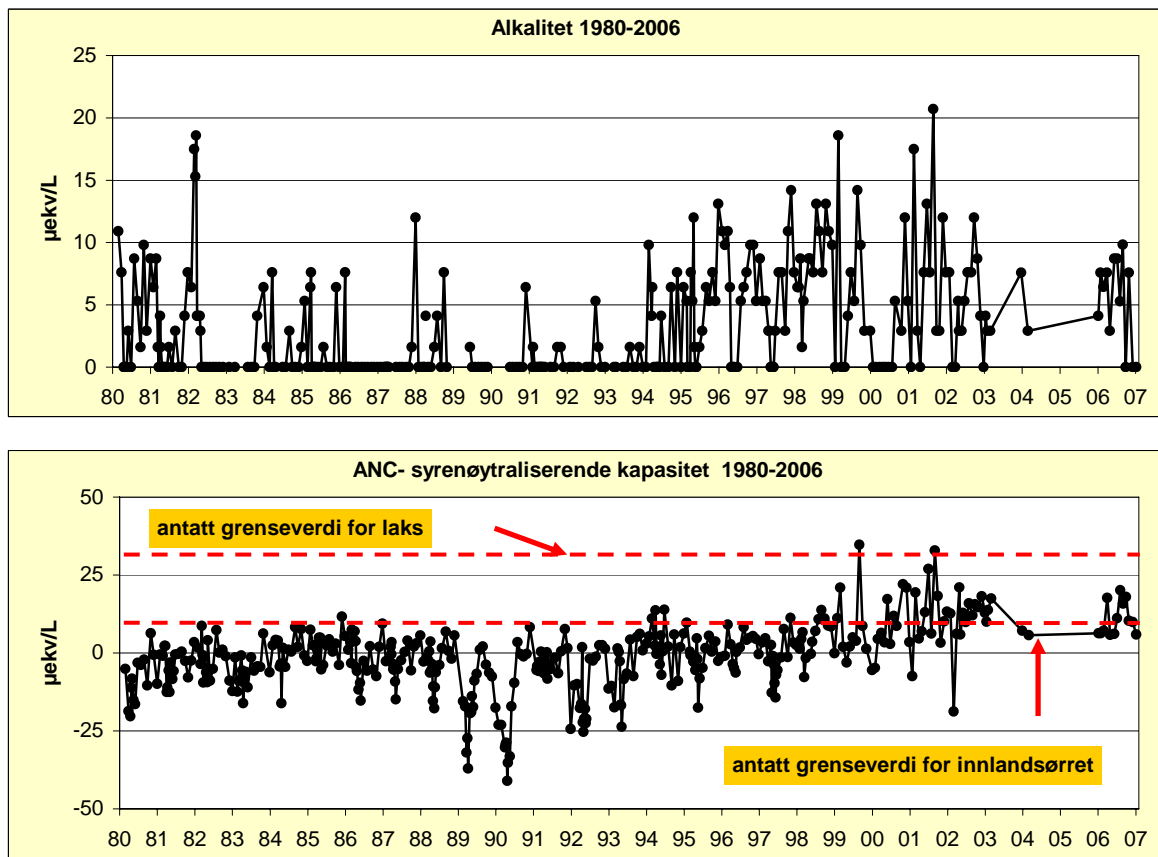
Prøver av fiskegjeller fra Modalselva viser fortsatt høye verdier av aluminiumpåslag, særlig om våren, noe som tyder på at vannprøvene ikke er tilstrekkelige til å fange opp mer kortvarige episoder med spesielt ugunstig vannkvalitet. Dette bekreftes også av bunndyrindeksene, se kap. 4.2.

Lave kalsiumverdier er ugunstig for laksefisk, og selv om det ikke er mulig å angi konkrete grenseverdier, er det indikasjoner på at lave kalsiumverdier er begrensende, og at konsentrasjoner under 0,50 mg Ca/L er kritisk for aure (Rosseland *et al.* 2003). Det er derfor sannsynlig at kalsiumverdiene i Modalsvassdraget (minimum 0,10 mg/L i Budalselva og 0,20 mg/L i Modalselva, middelerdi <0,50 mg/L) er kritiske for laks.

Norske vassdrag der laksebestanden er slått ut på grunn av sur nedbør har ANC-verdier under 0  $\mu\text{ekv/L}$ , mens upåvirkete vassdrag har ANC på over 25  $\mu\text{ekv/L}$ . Data fra 73 norske lakseelver indikerer at tålegrensen for laks er omkring 30  $\mu\text{ekv/L}$ . ANC i Modalselva har steget gradvis gjennom de siste 10-15 årene, men fortsatt forekommer episoder der alkaliteten er 0 (se **Figur 11**). I prøvematerialet fra 2007 svinger ANC mellom -3 og 18  $\mu\text{ekv/L}$ , med de mest kritiske verdiene under snøsmelting om våren, dvs. under smoltifisering og utvandring.

Bunndyrundersøkelsene bekrefter resultatene av vannanalysene, med få forsuringsfølsomme individer både i Budalselva og Modalselva, særlig om våren.

Det konkluderes med at Modalselva som lakseelv vil profitere på vannkjemiske tiltak. Kalking gjennom hele året er å anbefale, både for tilførsel av kalk i seg selv, og for avgifting av aluminium.



**Figur 11..** Alle enkeltobservasjoner av alkalitet og ANC i Modalselva fra 1980 til 2006. Antatte grensverdier for laks og innlandsørret er lagt inn (Henriksen et al. 1995, Kroglund et al. 2002, Skjelkvåle og Skanche 2007).

## 5.2 Vannkjemiske tiltak

Vi er blitt bedt om å vurdere kalking av Budalselva, dels for Budalselva's egen vannkvalitet, dels som et tiltak for Modalselva nedstrøms. Budalselva har periodevis meget høye aluminiumsverdier sammenliknet med Modalselva. Terrengekalking for å avsyre surt overflatevann kan ha betydelige fordeler, men kan også forårsake negative effekter. Bakgrunnen for at spredning av kalk i terreng og ikke direkte i vann kan være en gunstig strategi for Budalselva, er at det gir muligheter for:

- å øke retensjon og raskere avgifte aluminium
- å stabilisere vannkvaliteten
- å redusere hyppigheten og størrelsen av forsurende episoder og/eller sporadisk høy sjøsaltdeposisjon
- Redusere avrenningen av labilt aluminium til Mofjord-estuarier og Osterfjorden

I tillegg til disse forholdene, vil kalking f.eks. hvert tredje til 10.-20. år redusere ressursene til drift, kontroll og administrasjon av kalkingstiltak som ellers ville være av svært hyppig eller kontinuerlig art.

Negative effekter kan være:

- utdøing av torvmoser ved våtmarkskalking
- utdøing av lav etter kalking direkte på berggrunnsoverflater
- økt nitrifikasjon og utlekking av nitrogen
- økt mineralisering av humuslaget i jorda
- økt lekkasje av tungmetaller

Kalking i terreng er forbundet med relativt store sprekostnader, både pga. helikoptertransport av kalk, og fordi en dose for relativt lang tid spres per gang.

Vi vil anbefale en befaring av nedbørfeltet for å vurdere feltets egnethet for et slikt tiltak.

Dosering av kalkslurry til Budalselva anser vi som mindre aktuelt, fordi dette tiltaket først og fremst vil betjene Budalselva, som har relativt liten verdi som produksjonsområde for laks (se kap.3.4.1), mens fortynningen etter samløp med Modalselva vil medføre minimale positive effekter. Alternativt kan tenkes et prosjekt med kraftig overdosering av Budalselva for å oppnå adekvate vannkvalitetsmål for laks i Modalselva. Et bedre og langt mer effektivt alternativ vil være dosering ved Steinsland kraftstasjon. Et slikt tiltak vil påvirke hele den lakseførende strekningen i Modalselva.

Som et ledd i en strategi for å få laksen tilbake til vassdraget og bygge opp en bærekraftig bestand, vil vi foreslå at Modalselva kalkes hele året. Det bør plasseres en doserer oppstrøms lakseførende strekning, men nedstrøms samløpet mellom de ulike delstrømmene fra feltet, for eksempel ved Steinsland kraftverk.

I tillegg foreslår vi dosering av silikat under smoltutgangen i mai for å hindre mobilisering av aluminium fra kolloide Al-former ved blanding av ferskvann og sjøvann i estuariet utenfor elvemunningen. En doserer for silikat (for eksempel en mobil doserer) kan enten kombineres med kalkdosereren, eller plasseres nærmere munningen. Pilotstudie fra Frøysetvassdraget (Åtland *et al.* 2003) og bruk av silikat i settefiskanlegg tyder på at bindingen av aluminium opprettholdes under slike forhold. Tiltaket kan dermed få betydning for smoltutgangen i hele Osterfjordsystemet, og ikke bare for Modalen. Smolten vil dermed være skjermet mot aluminiumspåslag på gjellene under utvandring i fjorden. Tiltaket vil også kunne ha en viss skjermende effekt for smolt fra andre vassdrag (Vosso og Ekso) som benytter Osterfjorden som utvandringsrute. Det er gjennom årene registrert varierende, og til dels høye konsentrasjoner av utfelt aluminium i eksponeringsforsøk med laksesmolt i Osterfjorden (Barlaup 2004; Bjerknes og Røyset 2004)

Bakgrunnskonsentrasjonen av Ca i Modalselva ligger på omkring 0,4 mg/L i gjennomsnitt. Beregningene av kalkbehov i **Tabell 7** er basert på at kalken inneholder 80 %  $\text{CaCO}_3$ , og at løseligheten er 70 %, og på en middelvannføring over året på 37,1 m<sup>3</sup>/s.

**Tabell 7.** Beregning av kalkmengde i Modalselva (Bjerknes *et al.* 2004).

| Mål-pH | Mål-Ca<br>mg/L | Ca-tilsetning<br>mg/L | Tilsv. CaCO <sub>3</sub><br>mg/L | Kalk<br>mg/L | Kalk<br>Tonn/år |
|--------|----------------|-----------------------|----------------------------------|--------------|-----------------|
| 6,4    | 1,0            | 0,6                   | 1,5                              | 2,6          | 3050            |
| 6,2    | 0,6            | 0,2                   | 0,5                              | 0,9          | 1050            |
| 6,0    | 0,5            | 0,1                   | 0,25                             | 0,45         | 525             |

Silikatmengde dosert i én måned (mai) og avsyring til pH=6,2 betyr et behov på 2 mg SiO<sub>2</sub>/L (Bjerknes *et al.* 2004). Med middelvannføring i mai på 50 m<sup>3</sup>/s betyr dette en samlet silikatdose på 270 tonn.

### 5.3 Styrt rekruttering av laks

Vi kjenner ikke opprinnelsen til den laksen som er registrert som ungfisk i Modalselva, men det er sannsynlig at innslaget av rømt oppdrettslaks er høyt. En vannkjemisk behandling av vassdraget vil være gunstig for en styrt rekruttering med for eksempel planting av rogn med kjent genetisk bakgrunn, etter modell fra reetableringsprosjektet (Hesthagen 2006).



## 6. Referanser

- Barlaup, B.T., Lura, H., Sægrov, H. and Sundt, R.C. 1994. Inter- and intra-specific variability in female salmonid spawning behaviour. *Can. J. Zool.* 72: 636- 642.
- Barlaup, B. T. redaktør. 2004. Vossolaksen – bestandsutvikling, trusselfaktorer og tiltak. DN-utredning 2004-7.
- Bjerknes, V., Nandrup Pettersen, M., Teien, H. C. og Raddum, G. G. 1997. Kalking av Ekso. Vannkjemisk og biologisk kontroll våren 1997. NIVA OR 3738. 42 s.
- Bjerknes, V. og Røyset, O. 2004. Måling av metaller i overflatevann i fjordene rundt Osterøy våren 2004. NOVA OR 4914. 24 s.
- Bjerknes, V., Wright, R., Larssen, T., Håvardstun, J. 2004. Kalkingsplan for Yndesdal-Frøysetvassdraget basert på tålegrenseberegninger og prognoser for reduksjoner av surt nedfall. NIVA OR 4882. 52 s.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G., & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing – theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- Buck, R.J.G. & D.W. Hay. 1984. The relation between stock size and progeny of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a Scottish stream. *Journal of Fish Biology* 23: 1-11.
- Crisp, D. T. and Carling, P. A. 1989. Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. *J. Fish Biol.* 34: 119-134.
- Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1990. Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. *The Science of the Total Environment* 96: 57-66.
- Fjellheim, A. og Raddum, G. G. 2003. Nygard pumpekraftverk. Virkninger på fiskeribiologiske og hydrologisk forhold i Modalsvassdraget. LFI rapport nr. 125. 17 s.
- Frost, S., A. Huni, & W.E. Kershaw, 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Can. J. Zool.*, 49: 167-173.
- Heggberget, T. G., Haukebø, T., Mørk, J. & Ståhl, G. 1988. Temporal and spatial segregation of spawning in sympatric populations of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L. *J. Fish Biol.* 33: 347-356.
- Henriksen, A., Posch, M., Hultberg, H., and Lien, L. 1995. Critical loads of acidity for surface waters - Can the ANC limit be considered variable? *Water Air Soil Pollut.* **85**: 2419-2424.
- Hesthagen, T. redaktør. 2006. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport for reetableringsprosjektet 2005. DN-utredning 2006-4.

- Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Johnsen, B.O. og Jensås, J.G. 1996. Bestand og rekruttering av laks i Orkla. NINA Oppdragsmelding 389:1-27.
- Jonsson, N., Jonsson, B. og Hansen, L.P. 1998. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. Journal of Animal Ecology, 67: 751-762.
- Kroglund, F., Wright, R., Burchart, C. 2002. Acidification and Atlantic salmon critical limits for Norwegian rivers. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). OR-4501. 61 s.
- Kroglund, F., Kleiven, E., Barlaup, B.T., Halvorsen, G.A., Gabrielsen, S.E., Skoglund, H., Wiers, T., Gutterup, J. & Teien, H.C. 2007. Fisk og bunndyr, effekter av sjøsaltepisoder vinteren 2004/2005. NIVA. Rapport 5369. 96 s.
- Kroglund, F., E. Kleiven, B.T. Barlaup, G.A. Halvorsen, S-E. Gabrielsen, H. Skoglund, T. Wiers, J. Guttrup & H.C. Teien, 2007. Fisk og bunndyr: effekter av sjøsaltepisoder vinteren 2004/2005. NIVA Rapport 5369-2007, 96s.
- Lien, L., Raddum, G. G., Fjellheim, A., Henriksen, A. 1996. A critical limit for acid neutralizing capacity in Norwegian surface waters, based on new analyses of fish and invertebrate responses. Sci. Total Environ. 117: 173-193.
- Mjelde, M. og Rørslett, B. 1987. Modalsvassdraget i Hordaland fylke. Konsekvenser for vannkjemiske og biologiske forhold ved utvidet regulering i Modalsvassdraget. NIVA Rapport 2087. 28 s.
- Raddum, G.G. 1999. Large scale monitoring of invertebrates: Aims, possibilities and acidification indexes, p. 7-16, In Raddum, G.G., Rosseland, B.O., and Bowman, J. *Workshop on biological assesment and monitoring; evaluation and models*, NIVA Report SNO 4091/1999, ICP Waters Report 50/1999, 96 s.
- Rosseland, B: O., Massabuau, J-C., Grimalt, J., Rognerud, S., Hofer, R., Lackner, R., Vivers, I., Ventura, M., Stuchlik, E., Harriman, R, Collen, P., Raddum. G. G., Fjellheim, A. and Trichkova, T. 2003. Fish Ecotoxicology. In: Patrick, S. (Ed) EMERGE Final Report, February 2000- January 2003. Contract EVK 1-CT-1999-00032, PP 41-50.
- SFT, 2006. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – effekter 2005. Statlig program for forurensningsovervåking 970/2006. TA-2205/2006.
- Skjelkvåle, B. L. og Skanche, L. B. 2007. Modalselva i Hordaland; Vannkjemisk overvåking 2006. NIVA OR: 5388. 16 s.
- Sægrov, H., Urdal, K., Hellen, B.A., Kålås, S. & Saltveit, S.J. 2001. Estimating carrying capacity and presmolt production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and anadromous brown trout (*Salmo trutta*) in West Norwegian rivers. Nordic Journal of Freshwater Research. 75: 99-108.

Økland, E., Jonsson, B., Jensen, A.J. & Hansen, L.P. 1993. Is there a threshold size regulating seaward migration of brown trout and Atlantic salmon? *Journal of Fish Biology* 42: 541-550.

Åtland, Å., Barlaup, B., Bang, K., Bjerknes, V., Gabrielsen, S. E., Håvardstun, J., Lindstrøm, E. A., Raddum, G. G. og Teien, H. C. 2003. Langtidseffekter av silikatdosering. Ett års utprøving av silikat i Tangedalselva, et sidevassdrag til Yndesdalsvassdraget i Hordaland. NIVA OR 4656.

## Vedlegg A. Bunndyr funnet i roteprøver i Budalselva og Modalselva i 2006 og 2007.

Høstprøvene fra 2006 er skyggelagt. \*\*\* Svært forsuringsfølsom \*\* Moderat foruringsfølsom \* Litt forsuringsfølsom

| Stasjon:                            | St. 1      | St. 2 | St. 1 | St. 3      | St. 4 | St. 5 |
|-------------------------------------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|
|                                     | Budalselva |       |       | Modalselva |       |       |
| Dato                                | 22.11.2006 |       |       | 19.04.2007 |       |       |
| <b>Nematoda</b>                     | 1          |       |       | 3          | 2     | 4     |
| <b>Oligochaeta</b>                  | 6          | 1     | 35    | 8          | 1     | 5     |
| <b>Acari</b>                        | 2          | 1     | 4     | 1          |       | 1     |
| <b>Ephemeroptera</b>                |            |       |       |            |       |       |
| *** <i>Baetis rhodani</i>           | 1          | 3     |       |            |       |       |
| <b>Plecoptera</b>                   |            |       |       |            |       |       |
| <i>Amphinemura borealis</i>         |            | 36    |       | 2          | 4     | 4     |
| <i>Amphinemura sulcicollis</i>      | 14         | 15    | 5     | 1          | 3     | 5     |
| <i>Brachyptera risi</i>             | 45         | 27    | 30    | 1          | 14    | 2     |
| ** <i>Capnia</i> sp.                | 1          |       |       |            |       |       |
| ** <i>Diura nanseni</i>             | 1          |       |       |            |       |       |
| <i>Leuctra nigra</i>                | 2          |       |       |            |       |       |
| <i>Leuctra hippopus</i>             |            |       |       | 5          | 1     | 13    |
| <i>Leuctra</i> cf. <i>hippopus</i>  | 12         | 48    |       |            |       |       |
| <i>Leuctra</i> sp.                  |            |       | 6     | 16         | 8     | 58    |
| <i>Nemoura cinerea</i>              |            |       | 3     | 1          | 1     | 1     |
| <i>Nemoura</i> sp.                  | 3          |       |       |            |       |       |
| <i>Protonemura meyeri</i>           |            | 1     | 2     |            | 1     |       |
| <i>Siphonoperla burmeisteri</i>     |            |       | 1     |            |       |       |
| <i>Nemouridae</i> indet.            |            |       | 2     | 1          |       |       |
| <b>Trichoptera</b>                  |            |       |       |            |       |       |
| ** <i>Apatania</i> sp.              |            |       |       | 2          | 2     | 28    |
| <i>Halesus</i> sp.                  |            |       |       | 3          |       | 2     |
| <i>Oxyethira</i> sp.                |            | 1     |       |            |       | 1     |
| <i>Plectrocnemia conspersa</i>      |            |       | 1     |            |       |       |
| <i>Polycentropus flavomaculatus</i> |            |       |       |            |       | 6     |
| <i>Potamophylax</i> sp.             | 1          | 4     |       |            |       |       |
| <i>Rhyacophila nubila</i>           | 2          | 3     |       |            |       |       |
| <i>Limnephilidae</i> indet.         | 1          |       |       |            |       |       |
| <b>Chironomidae</b>                 | 20         | 104   | 171   | 108        | 78    | 253   |
| <b>Ceratopogonidae</b>              |            |       | 5     |            |       |       |
| <b>Simuliidae</b>                   | 51         | 397   | 4     | 4          | 14    | 58    |
| <b>Tipuloidea</b>                   |            |       |       |            |       |       |
| <i>Dicranota</i> sp.                |            |       | 4     |            |       | 1     |
| <i>Tipula</i> sp.                   |            | 2     |       |            |       | 3     |
| <i>Limonidae</i> indet.             | 1          |       |       |            |       | 1     |
| <b>Diptera</b>                      |            |       |       |            |       |       |
| <i>Empididae</i> indet.             |            | 9     | 11    | 2          | 2     | 3     |
| <b>Coleoptera</b>                   |            |       |       |            |       |       |
| <i>Elmis aenea</i>                  |            | 1     |       |            |       |       |
| <b>Crustacea</b>                    |            |       | 1     |            | 2     | 5     |
| <b>Antall individer</b>             | 164        | 654   | 286   | 160        | 133   | 454   |
| <b>Antall arter / taxa</b>          | 17         | 16    | 15    | 13         | 13    | 20    |
| <b>Forsuringsindeks 1</b>           | 1          | 1     | 0     | 0,5        | 0,5   | 0,5   |
| <b>Forsuringsindeks 2</b>           | 0,5        | 0,52  | -     | -          | -     | -     |

## Vedlegg B. Bunndyr funnet i rotepøvene i Modalselva vinter og vår 2005 (fra Kroglund m. fl., 2007)

\*\*\* Meget følsom \*\* Moderat følsom \* Litt følsom

| Stasjon:                            | Modalselva v/<br>Otter-stad | Modalselva v/<br>Otter-stad | Modalselva v/<br>Eikehaug | Modalselva,<br>fiskest. 6 | Modalselva,<br>fiskest. 7 | Modalselva<br>v/Almeli |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|
| Dato:                               | 28.1.05                     | 15.4.05                     | 28.1.05                   | 28.1.05                   | 28.1.05                   | 28.1.05                |
| <b>Nematoda</b>                     | 4                           |                             | 4                         | 5                         | 2                         | 1                      |
| <b>Oligochaeta</b>                  | 6                           | 11                          |                           | 5                         | 4                         | 6                      |
| <b>Crustacea</b>                    |                             |                             |                           | 11                        | 3                         | 3                      |
| Crustacea indet.                    |                             |                             |                           | 11                        | 3                         | 3                      |
| Ostracoda indet.                    |                             |                             |                           |                           |                           | 1                      |
| <b>Acari</b>                        |                             |                             | 4                         | 19                        | 6                         | 8                      |
| <b>Ephemeroptera</b>                |                             |                             |                           |                           |                           |                        |
| *** <i>Baetis</i> sp.               |                             |                             |                           |                           | 1                         | 1                      |
| <i>Leptophlebia marginata</i>       |                             |                             |                           | 1                         |                           |                        |
| <i>Leptophlebia vespertina</i>      |                             |                             |                           | 1                         |                           | 1                      |
| <b>Plecoptera</b>                   |                             |                             |                           |                           |                           |                        |
| <i>Amphinemura borealis</i>         | 1                           | 3                           | 3                         |                           | 2                         | 4                      |
| <i>Amphinemura sulcicollis</i>      | 4                           | 1                           | 14                        |                           | 8                         | 13                     |
| <i>Brachyptera risi</i>             | 10                          | 1                           | 47                        |                           | 13                        | 12                     |
| ** <i>Capnia</i> sp.                | 4                           |                             |                           |                           |                           |                        |
| ** <i>Diura nanseni</i>             |                             | 1                           |                           |                           |                           |                        |
| <i>Leuctra hippopus</i>             | 4                           | 5                           | 4                         |                           | 5                         | 9                      |
| <i>Leuctra nigra</i>                |                             |                             |                           | 3                         | 2                         | 4                      |
| <i>Leuctra</i> sp.                  | 3                           | 10                          | 4                         |                           | 2                         | 6                      |
| <i>Nemoura cinerea</i>              | 2                           | 2                           |                           |                           |                           | 1                      |
| <i>Protonemura meyeri</i>           |                             |                             | 7                         |                           |                           |                        |
| <i>Taeniopteryx nebulosa</i>        | 1                           |                             |                           |                           | 1                         |                        |
| <b>Trichoptera</b>                  |                             |                             |                           |                           |                           |                        |
| ** <i>Apatania</i> sp.              | 28                          | 1                           | 8                         | 33                        | 1                         | 9                      |
| <i>Halesus radiatus</i>             | 3                           |                             | 1                         | 9                         |                           |                        |
| <i>Halesus</i> sp.                  |                             |                             |                           |                           |                           | 1                      |
| <i>Oxyethira</i> sp.                | 2                           |                             | 6                         | 10                        | 1                         | 3                      |
| <i>Plectrocnemia conspersa</i>      |                             |                             | 2                         | 1                         |                           |                        |
| <i>Polycentropus flavomaculatus</i> | 4                           |                             | 2                         | 19                        | 10                        | 6                      |
| Polycentropodidae indet.            |                             |                             |                           |                           | 2                         | 2                      |
| <b>Diptera</b>                      |                             |                             |                           |                           |                           |                        |
| Chironomidae indet.                 | 100                         | 22                          | 58                        | 99                        | 117                       | 91                     |
| Ceratopogonidae indet.              |                             | 1                           |                           |                           |                           | 1                      |
| Empididae indet.                    | 6                           |                             | 2                         | 3                         | 3                         | 2                      |
| Simuliidae indet.                   | 110                         | 3                           | 26                        | 1                         | 59                        | 7                      |
| Tabanidae indet.                    |                             |                             | 2                         |                           |                           |                        |
| <i>Dicranota</i> sp.                |                             |                             | 4                         |                           |                           | 1                      |
| <i>Tipula</i> sp.                   | 2                           | 1                           | 2                         |                           |                           |                        |
| Sum                                 | 294                         | 62                          | 200                       | 231                       | 245                       | 196                    |
| Forsuringsindeks 1                  | 0,5                         | 0,5                         | 0,5                       | 0,5                       | 1                         | 1                      |
| Forsuringsindeks 2                  | -                           | -                           | -                         | -                         | 0,53                      | 0,52                   |

## Vedlegg C. Vannkjemi

| Station ID | Station Code | Station name       | Date       | pH   | KOND<br>mS/m | ALK<br>mmol/l | ALK-E<br>µEq/l | TOTP<br>µg/l P | TOTN<br>µg/l N | NH4-N<br>µg/l N | NO3-N<br>µg/l N | TOC<br>mg/l C | Cl<br>mg/l | SO4<br>mg/l | Al/R<br>µg/l | Al/I<br>µg/l | LAL<br>µg/l | Ca<br>mg/l | K<br>mg/l | Mg<br>mg/l | Na<br>mg/l | ANC1<br>µEq/l |
|------------|--------------|--------------------|------------|------|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|------------|-------------|--------------|--------------|-------------|------------|-----------|------------|------------|---------------|
| 32118      | MODALEN1     | Skjerjevatn        | 06.02.2007 | 6,08 | 1,65         | 0,043         | 13             | 2              | 165            |                 | 95              | 0,53          | 2,86       | 1,03        | 6            | <5           | 1           | 0,5        | 0,18      | 0,24       | 1,69       | 14            |
| 32118      | MODALEN1     | Skjerjevatn        | 20.04.2007 | 5,71 | 1,04         | 0,034         | 3              | 2              | 138            |                 | 100             | 0,3           | 1,63       | 0,82        | 9            | <5           | 4           | 0,4        | 0,13      | 0,14       | 0,95       | 6             |
| 32118      | MODALEN1     | Skjerjevatn        | 30.05.2007 | 5,52 | 1,19         | 0,029         | 0              | 3              | 185            |                 | 90              | 0,46          | 2,16       | 0,7         | 12           | <5           | 7           | 0,22       | 0,12      | 0,16       | 1,19       | -3            |
| 32118      | MODALEN1     | Skjerjevatn        | 03.09.2007 | 5,96 | 0,76         | 0,037         | 6              | 3              | 69             |                 | 18              | 0,4           | 0,78       | 1           | 7            | <5           | 2           | 0,32       | 0,14      | 0,09       | 0,58       | 8             |
| 32119      | MODALEN2     | Holskardvatn       | 20.10.2006 | 6,44 | 1,02         | 0,063         | 35             |                | 130            | 4               | 65              | 0,39          | 1,12       | 0,79        | <5           | <5           | 0           | 0,78       | 0,18      | 0,22       | 0,74       | 41            |
| 32119      | MODALEN2     | Holskardvatn       | 06.02.2007 | 6,48 | 1,32         | 0,06          | 31             | 2              | 128            |                 | 75              | 0,36          | 1,73       | 0,92        | <5           | <5           | 0           | 0,67       | 0,19      | 0,24       | 1,08       | 32            |
| 32119      | MODALEN2     | Holskardvatn       | 20.04.2007 | 6,77 | 1,83         | 0,105         | 79             | 1              | 118            |                 | 54              | 0,51          | 1,85       | 1,26        | 8            | <6           | 2           | 1,62       | 0,23      | 0,46       | 1,06       | 88            |
| 32119      | MODALEN2     | Holskardvatn       | 30.05.2007 | 6,61 | 1,57         | 0,085         | 58             | 2              | 180            |                 | 30              | 0,57          | 2,08       | 0,62        | 9            | <5           | 4           | 1,09       | 0,36      | 0,36       | 1,04       | 65            |
| 32119      | MODALEN2     | Holskardvatn       | 03.09.2007 | 6,48 | 1,12         | 0,056         | 27             | 2              | 134            |                 | 51              | 0,52          | 1,41       | 0,69        | <5           | <5           | 0           | 0,7        | 0,17      | 0,23       | 0,86       | 38            |
| 32120      | MODALEN3     | Budalselva         | 04.01.2007 | 5,35 | 1,58         | 0,029         | 0              | 1              | 119            |                 | 95              | 0,47          | 3,02       | 0,67        | 35           | 7            | 28          | 0,26       | 0,11      | 0,21       | 1,61       | -3            |
| 32120      | MODALEN3     | Budalselva         | 06.02.2007 | 5,06 | 3,29         | 0,028         | 0              | 1              | 170            |                 | 140             | 0,33          | 7,37       | 0,94        | 130          | 10           | 120         | 0,53       | 0,2       | 0,48       | 3,4        | -19           |
| 32120      | MODALEN3     | Budalselva         | 20.04.2007 | 5,21 | 2,66         | 0,027         | 0              | <1             | 180            |                 | 155             | 0,39          | 5,75       | 1,04        | 94           | 13           | 81          | 0,44       | 0,19      | 0,39       | 2,85       | -12           |
| 32120      | MODALEN3     | Budalselva         | 30.05.2007 | 5,91 | 0,66         | 0,034         | 3              | 2              | 117            |                 | 29              | 0,39          | 0,99       | 0,49        | 14           | 8            | 6           | 0,1        | 0,12      | 0,06       | 0,73       | 5             |
| 32120      | MODALEN3     | Budalselva         | 03.09.2007 | 5,55 | 1,02         | 0,031         | 0              | 1              | 69             |                 | 12              | 1,2           | 1,85       | 0,53        | 17           | 12           | 5           | 0,22       | 0,07      | 0,13       | 1,08       | 6             |
| 32121      | MODALEN4     | Modalselva nedstr. | 04.01.2007 | 5,56 | 1,36         | 0,034         | 3              | 4              | 160            |                 | 84              | 0,92          | 2,46       | 0,69        | 38           | 17           | 21          | 0,39       | 0,19      | 0,2        | 1,35       | 10            |
| 32121      | MODALEN4     | Modalselva nedstr. | 06.02.2007 | 5,75 | 1,6          | 0,04          | 10             | 3              | 190            |                 | 105             | 0,59          | 3,09       | 0,77        | 29           | 13           | 16          | 0,45       | 0,23      | 0,23       | 1,59       | 6             |
| 32121      | MODALEN4     | Modalselva nedstr. | 20.04.2007 | 5,86 | 1,85         | 0,045         | 15             | 4              | 245            |                 | 165             | 0,56          | 3,43       | 0,95        | 20           | 11           | 9           | 0,7        | 0,4       | 0,27       | 1,82       | 18            |
| 32121      | MODALEN4     | Modalselva nedstr. | 30.05.2007 | 5,65 | 1,33         | 0,03          | 0              | 1              | 117            |                 | 86              | 0,51          | 2,45       | 0,77        | 33           | 16           | 17          | 0,28       | 0,13      | 0,18       | 1,4        | 2             |
| 32121      | MODALEN4     | Modalselva nedstr. | 03.09.2007 | 5,86 | 0,83         | 0,038         | 8              | 2              | 175            |                 | 38              | 1,2           | 1,15       | 0,58        | 15           | 9            | 6           | 0,29       | 0,15      | 0,1        | 0,85       | 16            |

| St.kode    | St.navn                       | Dato       | pH   | Ca<br>mg/l | ALK<br>mmol/l | ALK-E<br>µekv/l | Al/R<br>µg/l | Al/I<br>µg/l | LAL<br>µg/l | TOC<br>mg/l C | KOND<br>mS/m | Mg<br>mg/l | Na<br>mg/l | K<br>mg/l | Cl<br>mg/l | SO4<br>mg/l | NO3-N<br>µg/l N | NH4-N<br>µg/l N | Tot-N<br>µg/l N | ANC1<br>µekv/l |
|------------|-------------------------------|------------|------|------------|---------------|-----------------|--------------|--------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------|------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| OVELV 46 1 | Modalselva ovenfor Farestveit | 25.01.2007 | 5,45 | 0,39       | 0,030         | 0               | 26           | 14           | 12          | 0,47          | 1,55         | 0,22       | 1,59       | 0,16      | 2,94       | 0,74        | 92              | <2              | 147             | 6              |
| OVELV 46 1 | Modalselva ovenfor Farestveit | 21.02.2007 | 5,69 | 0,38       | 0,037         | 6               | 25           | 14           | 11          | 0,50          | 1,43         | 0,19       | 1,43       | 0,17      | 2,67       | 0,73        | 94              | 25              | 185             | 4              |
| OVELV 46 1 | Modalselva ovenfor Farestveit | 29.03.2007 | 5,50 | 0,41       | 0,030         | 0               | 27           | 12           | 15          | 0,35          | 1,48         | 0,21       | 1,48       | 0,16      | 2,79       | 0,82        | 115             | 4               | 150             | 2              |
| OVELV 46 1 | Modalselva ovenfor Farestveit | 20.04.2007 | 5,77 | 0,43       | 0,037         | 6               | 24           | 12           | 12          | 0,49          | 1,69         | 0,22       | 1,80       | 0,24      | 3,39       | 0,80        | 110             | 19              | 205             | 4              |
| OVELV 46 1 | Modalselva ovenfor Farestveit | 30.05.2007 | 5,55 | 0,30       | 0,028         | 0               | 38           | 17           | 21          | 0,57          | 1,46         | 0,20       | 1,54       | 0,15      | 2,79       | 0,84        | 95              | 3               | 142             | -1             |
| OVELV 46 1 | Modalselva ovenfor Farestveit | 25.06.2007 | 5,74 | 0,20       | 0,035         | 4               | 17           | 12           | 5           | 0,63          | 1,02         | 0,12       | 0,95       | 0,14      | 1,75       | 0,68        | 54              | 2               | 120             | -3             |
| OVELV 46 1 | Modalselva ovenfor Farestveit | 24.07.2007 | 5,99 | 0,21       | 0,040         | 10              | 16           | 12           | 4           | 0,50          | 0,83         | 0,10       | 0,90       | 0,10      | 1,29       | 0,56        | 40              | 6               | 97              | 10             |
| OVELV 46 1 | Modalselva ovenfor Farestveit | 31.08.2007 | 5,94 | 0,25       | 0,041         | 11              | 17           | 12           | 5           | 0,81          | 0,90         | 0,09       | 1,06       | 0,14      | 1,42       | 0,65        | 51              | 4               | 135             | 12             |